

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005年3月24日 (24.03.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/027422 A1

(51) 国際特許分類: H04L 12/28, H04B 7/24, H04L 29/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/013481

(22) 国際出願日: 2004年9月9日 (09.09.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2003-317099 2003年9月9日 (09.09.2003) JP  
特願2003-351161 2003年10月9日 (09.10.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

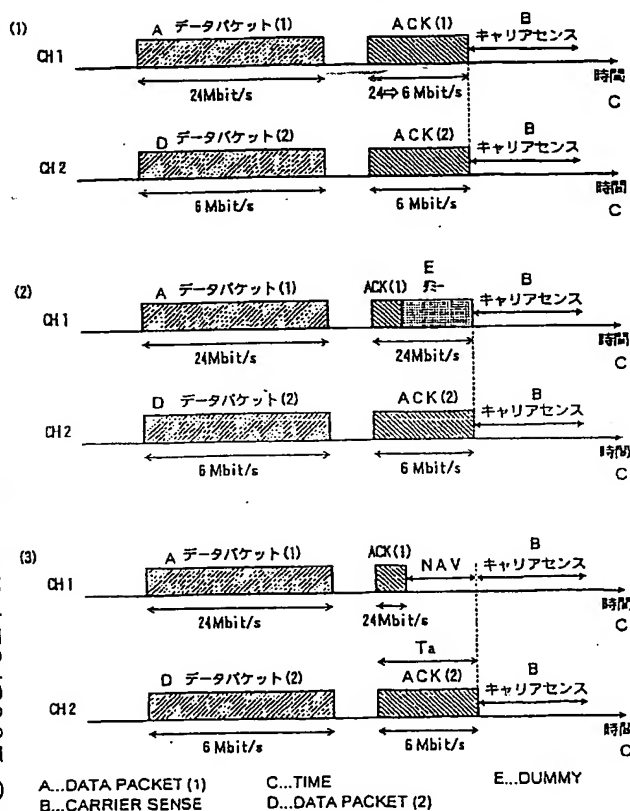
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 斎藤 一賢 (SAITO, Kazuyoshi) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 熊谷 智明 (KUMAGAI, Tomoaki) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 大槻 信也 (OTSUKI, Shinya) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 永田 健悟 (NAGATA, Kengo) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 相河 聡 (AIKAWA, Satoru) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 古谷 史旺, 外 (FURUYA, Fumio et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿1丁目19番5号第2明宝ビル9階 Tokyo (JP).

[続家有]

(54) Title: RADIO PACKET COMMUNICATION METHOD AND RADIO PACKET COMMUNICATION APPARATUS

(54) 発明の名称: 無線パケット通信方法および無線パケット通信装置



(57) Abstract: A plurality of types of available transmission rates to be used for transmissions of data packets are individually managed for the respective ones of destination radio stations. When there exist a plurality of data packets to be transmitted onto a transmission buffer and when it is possible to transmit a plurality of data packets at the same time, the packet sizes representative of the data amounts of the respective data packets are referred to, and the transmission rates of the respective data packets associated with the destination radio stations are also referred to. The packet lengths (times required for transmission) defined by the packet sizes and transmission rates are checked for the respective data packets. A plurality of data packets whose packet lengths are approximately equal to each other are selected regardless of their destination radio stations. The transmissions of the plurality of selected data packets are commenced at the same time by use of a plurality of radio channels.

(57) 要約: 利用可能な複数種類の伝送速度の中で、データパケットの送信に用いる伝送速度を宛先無線局ごとに個別に管理する。送信バッファ上に送信対象のデータパケットが複数存在し、かつ複数のデータパケットを同時に送信可能な場合には、各々のデータパケットのデータ量を表すパケットサイズと、各々のデータパケットの宛先無線局に対応付けられた伝送速度とを参照し、パケットサイズおよび伝送速度により定まるパケット長 (伝送所要時間) をデータパケットごとに確認し、パケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットを宛先無線局に関係なく選択する。選択した複数のデータパケットを複数の無線チャネルを利用して同時に送信開始する。

WO 2005/027422 A1



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正番受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

## 無線パケット通信方法および無線パケット通信装置

## 5 技術分野

本発明は、複数の無線局間で複数の無線チャネルおよび空間分割多重を利用し、異なる宛先のデータパケットを同時に送信する無線パケット通信方法および無線パケット通信装置に関する。

## 10 背景技術

従来の無線パケット通信装置では、使用する無線チャネルを事前に1つだけ決めておき、データパケットの送信に先立って当該無線チャネルが空き状態か否かを検出（キャリアセンス）し、当該無線チャネルが空き状態の場合にのみ1つのデータパケットを送信していた。このような制御により、1つの無線チャネルを複数の無線局で互いに時間をずらして共用することができた（(1) IEEE802.11 "MAC and PHY Specification for Metropolitan Area Networks", IEEE 802.11, 1998、(2) 小電力データ通信システム／広帯域移動アクセスシステム（C SMA）標準規格、ARIB SDT-T71 1.0版、（社）電波産業会、平成12年策定）。

このような無線パケット通信装置において、最大スループットを向上させるために、例えば1無線チャネルあたりの周波数帯域の拡大により無線区間のデータ伝送速度を高速化する方法がある。

しかし、例えば文献（飯塚ほか、IEEE 802.11 a 準拠 5 GHz帯無線LAN システム—パケット伝送特性—、B-5-124、2000年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会、2000年9月）の中でも指摘されているように、パケット衝突回避のためには、パケットの送信直後に無線区間のデータ伝送速度に依存しない一定の送信禁止期間を設ける必要がある。この送信禁止期間を設けると、無線区間のデータ伝送速度が増大するにつれてデータパケットの転送効率（無線区間のデータ伝送速度に対する最大スループットの比）が低下することになるので、無線区間のデータ伝送速度を上げるだけではスループットの大幅な向上は困難であつ

た。

これに対して、1無線チャネルあたりの周波数帯域を拡大することなく最大スループットを向上させる方法として、空間分割多重技術（黒崎ほか、MIMOチャネルにより100Mbit/sを実現する広帯域移動通信用SDM-COFDM方式の

- 5 提案、電子情報通信学会技術研究報告、A・P 2001-96, RCS2001-135(2001-10))の適用が検討されている。この空間分割多重技術は、複数のアンテナから同じ無線チャネルで同時に異なるデータパケットを送信し、対向する無線局の複数のアンテナに受信された各データパケットの伝搬係数の違いに対応するデジタル信号処理により、同じ無線チャネルで同時に送信された複数のデータパケットを受  
10 信する方式である。なお、伝搬係数等に応じて空間分割多重数が決定される。

- 一方、各無線局がそれぞれ複数の無線通信インタフェースをもち、複数の無線チャネルの利用が可能な場合には、複数の無線局間でそれぞれ異なる無線チャネルを用いることにより、1つの無線チャネルを時間分割して通信する場合に比べてスループットの改善が期待できる。例えば、図17に示すように、無線局Aと  
15 無線局Bとの間で無線チャネルCH1を用い、無線局Aと無線局Cとの間で無線チャネルCH2を用いることにより、無線局Aと無線局B、C間で同時にそれぞれのデータパケットを送受信することができる。あるいは、図18に示すように、無線局Aと無線局Bとの間で無線チャネルCH1、CH2を用い、同時に2つのデータパケットを送受信することもできる。

- 20 しかし、同時に使用する複数の無線チャネルの中心周波数が互いに近接している場合には、一方の無線チャネルから他方の無線チャネルが使用している周波数領域へ漏れ出す漏洩電力の影響が大きくなる。一般に、データパケットを伝送する場合には、送信側の無線局がデータパケットを送信した後に、受信側の無線局が受信したデータパケットに対して送達確認パケット（ACKパケット、NACK  
25 Kパケット）を送信側の無線局へ返信する。送信側の無線局がこの送達確認パケットを受信しようとするときに、同時に送信している他の無線チャネルからの漏洩電力の影響が問題となる。

例えば、図19に示すように、無線チャネルCH1と無線チャネルCH2の中心周波数が互いに近接し、各無線チャネルから並列送信するデータパケットの伝送所

要時間が異なる場合を想定する。ここでは、無線チャネルCH1から送信されたデータパケットが短いので、それに対するACKパケットが受信されるときに無線チャネルCH2は送信中である。そのため、無線チャネルCH1では、無線チャネルCH2からの漏洩電力によりACKパケットを受信できない可能性がある。このような状況では、同時に複数の無線チャネルを利用して送信を行ったとしてもスループットの改善は見込めない。

なお、このようなケースは、各無線チャネルの伝送速度が等しい場合には各データパケットのデータサイズの違いにより発生し、各無線チャネルの伝送速度が異なる場合には各データパケットの（データサイズ／伝送速度）の違いにより発生する。すなわち、それぞれの伝送所要時間であるパケット長の違いにより発生する。

ところで、無線LANシステムなどでは、ネットワークから入力するデータフレームのデータサイズは一定ではない。したがって、入力するデータフレームを順次にデータパケットに変換して送信する場合には、各データパケットのパケット長（伝送所要時間）も変化する。そのため、図19に示すように同時に複数のデータパケットを送信したとしても、各データパケットのパケット長に違いが生じ、ACKパケットの受信に失敗する可能性が高くなる。

そこで、バッファ上の各データフレームを等間隔に複数のデータブロックに分割し、各データブロックからデータパケットを生成する。これにより、サイズの等しい複数のデータパケットが得られるので、これらを複数の無線チャネルで同時に送信すれば漏洩電力の影響を避けることができる。しかし、この場合にはバッファに入力した各データフレームを複数に分割するため、各データパケットのサイズが通常よりも小さくなり、実効スループットが低下する。

また、例えばバッファ上に所定数のデータフレームが揃ってから、それらの中でサイズが同じ複数のデータフレームを抽出し、データパケットに変換して同時に送信するように制御すれば、漏洩電力の影響を避けることができる。しかし、この場合にはサイズが同じ複数のデータフレームがバッファ上に揃うまで待機せざるを得ないので、効率よく送信を開始することができず、実効スループットの低下は避けられない。また、サイズの同じデータフレームが長時間に渡って現れ

ない場合には伝送遅延時間が長くなる。

また、図 17 に示すように、複数の宛先との間で無線回線を介してデータパケットの伝送を行う場合には、宛先ごとに異なる伝送速度でデータパケットの伝送を行うことが想定される。この場合には、サイズの同じデータフレームであっても宛先が異なるデータパケットを同時に送信すると、同時に送信が終了せず、漏洩電力の影響によって送達確認パケットの受信に失敗することになる。したがって、宛先の異なるデータパケットは、サイズが同じであっても同時に送信することができない場合がある。このため、宛先が同じでしかもサイズが同じ複数のデータが現れるまでの待ち時間は長くなる可能性が高い。

10 これに対して、宛先となる各無線局が使用可能な伝送速度を事前に把握しておけば、使用する伝送速度とデータパケットのデータサイズとで定まるパケット長（伝送所要時間）を把握することができるので、パケット長が同じ複数のデータパケットを同時に選択することができる。パケット長が同じ複数のデータパケットを同時に送信開始した場合、それらの送信が同時に終了するので、各々のデータパケットに対する送達確認パケットをほぼ同時に受信することができ、漏洩電力の影響を避けることができる。

しかし、例えば IEEE 802.11a で規定された従来の無線 LAN システムでは、送達確認パケットの送信に用いる伝送速度として、受信した自局宛のデータパケットの伝送速度を超えない最大の規定速度（Mandatory Rate：6, 12, 20 4[Mbit/s]の何れか）が選択される。このため、図 20 に示すように、2つの無線局に対して伝送速度が異なる無線チャネル CH1, CH2 で、同じパケット長になるデータパケット(1) およびデータパケット(2) を同時に送信し、それぞれ対応する送達確認パケット ACK(1), ACK(2) を同時に受信しても、各 ACK の伝送所要時間が異なるので、各 ACK の受信が完了する時刻に違いが生じる。このとき、無線チャネル CH2 で ACK(2) を受信している最中に、先に ACK 受信を終えた無線チャネル CH1 からデータが送信されると、無線チャネル CH2 における ACK(2) の受信に失敗する可能性がある。

すなわち、宛先の異なるデータパケットは、それぞれの伝送速度に応じてパケット長が同じであっても同時に送信できない場合がある。このため、宛先が同じ

でしかもサイズが同じ複数のデータが現れるまでの待ち時間は長くなる可能性が高い。

また、図 2 1 に示すように、1 つの送信元無線局から宛先の異なるデータパケットを 1 つの無線チャネルに空間分割多重で重畳して同時に送信し、それぞれの宛先の無線局で各データパケットを分離し、自局宛てのデータパケットを受信することができる。このとき、各受信側無線局は、自局宛てのデータパケットに対する送達確認パケットを同じ無線チャネルで同時に送信することになるが、送信側無線局は同じ無線チャネルで同時に返送された複数の送達確認パケットを受信することができない。

10 本発明の目的は、複数の無線チャネルや空間分割多重を利用して、宛先の異なる複数のデータパケットを同時送信する際に、無線チャネル間に漏洩電力の影響が現れる場合であっても、送達確認パケットの受信に失敗する確率を減らし、しかも実効スループットを改善することが可能な無線パケット通信方法および無線パケット通信装置を提供することを目的とする。

15

#### 発明の開示

請求の範囲 1, 10 の発明は、複数の無線チャネルの利用が可能な 3 以上の無線局の間で、キャリアセンスによって空き状態を判定された無線チャネルを用いてデータパケットを送信する無線パケット通信方法または無線パケット通信装置

20

である。

利用可能な複数種類の伝送速度の中で、データパケットの送信に用いる伝送速度を宛先無線局ごとに個別に管理する。送信バッファ上に送信対象のデータパケットが複数存在し、かつ複数のデータパケットを同時に送信可能な場合には、各々のデータパケットのデータ量を表すパケットサイズと、各々のデータパケットの宛先無線局に対応付けられた伝送速度とを参照し、パケットサイズおよび伝送速度により定まるパケット長（伝送所要時間）をデータパケットごとに確認し、パケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットを宛先無線局に関係なく選択する。選択した複数のデータパケットを複数の無線チャネルを利用して同時に送信開始する。

25

これにより、伝送速度を宛先無線局ごとに個別に管理し、パケットサイズおよび伝送速度により定まるパケット長をデータパケットごとに確認し、パケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットを同時に送信開始するので、送達確認パケットの受信を開始する前に全てのデータパケットの送信を完了することができる。したがって、無線チャネル間で電力の漏洩が発生する場合であっても、その影響を受けることなく送達確認パケットを受信することができる。しかも、宛先の異なる複数のデータパケットを同時に送信できるので、送信バッファ上に送信すべき複数のデータパケットが揃うまでの送信待ち時間を短縮でき、実効スループットが改善される。

- 10 請求の範囲 2, 11 の発明は、1つの無線チャネルに複数の信号を空間分割多重することが可能な3以上の無線局の間で、キャリアセンスによって空き状態を判定された無線チャネルを用いて空間分割多重によりデータパケットを送信する無線パケット通信方法および無線パケット通信装置である。

- 15 利用可能な複数種類の伝送速度の中で、データパケットの送信に用いる伝送速度を宛先無線局ごとに個別に管理する。送信バッファ上に送信対象のデータパケットが複数存在し、かつ複数のデータパケットを同時に送信可能な場合には、各々のデータパケットのデータ量を表すパケットサイズと、各々のデータパケットの宛先無線局に対応付けられた伝送速度とを参照し、パケットサイズおよび伝送速度により定まるパケット長（伝送所要時間）をデータパケットごとに確認し、パ  
20 ケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットを宛先無線局に関係なく選択する。データパケットのパケット長と、データパケットの宛先に対応付けられた伝送速度から算出される送達確認パケットのパケット長から、データパケットの宛先無線局が送達確認パケットを送信する時刻を決定し、各データパケットの宛先無線局に対して送達確認パケットの送信を許可する時刻を表す送達確認パケッ  
25 ト送信時刻の情報と、同時に送信した全データパケットに対する送達確認パケットの送信が全て完了するまでの時間を送信禁止期間（NAV）の情報を各データパケットに格納する。選択した複数のデータパケットを空間分割多重により同時に送信開始する。

これにより、送信側無線局が送信する各データパケットの中に、送達確認パケ



ットの送信時刻を指示する情報が含まれているので、各データパケットの宛先の複数の受信側無線局がそれぞれ送達確認パケットを送出する時刻を個別に制御することができる。すなわち、複数の受信側無線局が互いに時間をずらして送達確認パケットを送出することが可能になるので、データパケットを送信した送信側

5 無線局は、複数の受信側無線局から返送される送達確認パケットを順次に受信することができる。したがって、空間分割多重を用いて宛先の異なる複数のデータパケットを同時に送信できるので、送信バッファ上に送信すべき複数のデータパケットが揃うまでの送信待ち時間を短縮でき、実効スループットが改善される。

請求の範囲 3 の発明は請求の範囲 1, 2 の発明において、また請求の範囲 1 2

10 の発明は請求の範囲 1 0, 1 1 の発明において、現時点の伝送速度よりも低速の伝送速度に対応してパケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットが選択されたときに、その低速の伝送速度に切り替えて送信を行う。

ここでは、各々のデータパケットの宛先に対応付けられている現時点の伝送速度だけでなく、それより低速の伝送速度についてもパケット長を求めるので、送信バッファ上に存在する複数のデータパケットのパケット長がほぼ同一になる確

15 率が高まる。したがって、データパケットの送信を開始するまでの待ち時間を短縮でき、実効スループットを改善できる。

請求の範囲 4 の発明は請求の範囲 1, 2 の発明において、請求の範囲 1 3 の発明は請求の範囲 1 0, 1 1 の発明において、送信バッファ上の 1 単位のデータを

20 複数の分割してパケット長が等しい複数のデータパケットを生成する第 1 のモードと、パケット長が異なる複数のデータパケットの少なくとも 1 つにダミー信号を付加して実質的なパケット長が等しい複数のデータパケットを生成する第 2 のモードとが選択可能な場合に、第 1 のモードを用いた条件における伝送効率と第 2 のモードを用いた条件における伝送効率とを比較し、その結果に応じてパケッ

25 ト長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットとして選択する。

パケット長の揃っていない複数のデータパケットが存在する場合には、各々のデータパケットを 2 つ以上に等分割してパケット長が等しい複数のデータパケットを生成しこれらを同時に送信することが可能である（第 1 のモード）。また、パケット長の短いデータにダミー信号を付加してパケット長を他のデータと揃え

てからこれらのデータを同時に送信することが可能である（第２のモード）。第  
１のモードを適用した場合の伝送効率と、第２のモードを適用した場合の伝送効  
率は、そのときの状況（データサイズの組み合わせなど）に応じて変化する。こ  
こでは、伝送効率を考慮して第１のモードと第２のモードとを適応的に選択でき  
るので、伝送効率を改善し、実効スループットを改善できる。

請求の範囲５の発明は請求の範囲１の発明において、請求の範囲１４の発明は  
請求の範囲１０の発明において、データパケットを受信する無線局は、受信した  
複数のデータパケットに自局宛のデータパケットが含まれている場合に、自局宛  
てのデータパケットに対する送達確認パケットを生成するとともに、同時に受信  
した全てのデータパケットの受信レートを互いに比較する。全てのデータパケッ  
トの受信レートの中の最小値を超えない最大の規定速度（Mandatory Rate）を最  
小受信レートとして検出し、送達確認パケットを最小受信レートを用いて送信す  
る。

受信する無線局は、自局宛のデータパケットに対する送達確認パケットを最小  
受信レートと同じ伝送速度を用いて送信するので、同時に送信された複数のデー  
タパケットに対する全ての送達確認パケットの伝送速度が最小受信レートに統一  
されることになり、全ての送達確認パケットの送信終了時刻が同一時刻になる。  
これにより、宛先の異なる複数のデータパケットを同時に送信できるので、送信  
バッファ上に送信すべき複数のデータパケットが揃うまでの送信待ち時間を短縮  
でき、実効スループットが改善される。

請求の範囲６の発明は請求の範囲１の発明において、請求の範囲１５の発明は  
請求の範囲１０の発明において、データパケットを受信する無線局は、受信した  
複数のデータパケットに自局宛のデータパケットが含まれている場合に、自局宛  
てのデータパケットに対する送達確認パケットを生成するとともに、同時に受信  
した全てのデータパケットの受信レートを互いに比較する。全てのデータパケッ  
トの受信レートが同一ではない場合には、全ての受信レートの中の最小値を超え  
ない最大の規定速度（Mandatory Rate）を最小受信レートとして検出し、かつ自  
局宛のデータパケットの受信レートを超えない最大の規定速度（Mandatory Rate）  
を特定受信レートとして検出する。特定受信レートが最小受信レートより高い

場合には、最小受信レートから算出される送達確認パケットの第1のパケット長と、特定受信レートから算出される送達確認パケットの第2のパケット長との差分に相当するサイズのダミービットを送達確認パケットに付加して特定受信レートを

5 確認パケットを最小受信レートをを用いて送信する。

受信する無線局は、最小受信レートと特定受信レート（自局宛のデータパケットの受信レート）とが等しくない場合には、最小受信レートから算出される送達確認パケットの伝送所要時間を表す第1のパケット長と、特定受信レートから算出される送達確認パケットの伝送所要時間を表す第2のパケット長との差分に相当するサイズのダミービットを付加した送達確認パケットを、自局宛のデータパ

10 ケットに対して特定受信レートをを用いて送信する。これにより、同時に送信された複数のデータパケットに対する複数の送達確認パケットの伝送速度が揃っていない場合であっても、ダミービットを含む全ての送達確認パケットのパケット長が同じ長さに統一されることになり、全ての送達確認パケットの送信が同時に終了する。すなわち、宛先の異なる複数のデータパケットを同時に送信できるので、

15 送信バッファ上に送信すべき複数のデータパケットが揃うまでの送信待ち時間を短縮でき、実効スループットが改善される。

請求の範囲7の発明は請求の範囲1の発明において、請求の範囲16の発明は請求の範囲10の発明において、データパケットを受信する無線局は、受信した

20 複数のデータパケットに自局宛のデータパケットが含まれている場合に、自局宛でのデータパケットに対する送達確認パケットを生成するとともに、同時に受信した全てのデータパケットの受信レートを互いに比較する。全てのデータパケットの受信レートが同一ではない場合には、全ての受信レートの中の最小値を超えない最大の規定速度（Mandatory Rate）を最小受信レートとして検出し、かつ自

25 局宛のデータパケットの受信レートを超えない最大の規定速度（Mandatory Rate）を特定受信レートとして検出する。特定受信レートが最小受信レートより高い場合には、最小受信レートから算出される送達確認パケットのパケット長に応じた送信禁止期間（NAV）を送達確認パケットに設定し、特定受信レートをを用いて送信する。特定受信レートと最小受信レートが等しい場合には、送達確認パケ

ットを最小受信レートを用いて送信する。

受信する無線局は、最小受信レートと特定受信レート（自局宛のデータパケットの受信レート）とが等しくない場合には、最小受信レートから算出される送達確認パケットの伝送所要時間を表す第1のパケット長に関する値を送信禁止期間

- 5 (NAV) の情報として含めた送達確認パケットを、自局宛のデータパケットに対して特定受信レートを用いて送信する。これにより、送信側の無線局は送達確認パケットの受信を完了した後も、受信した送達確認パケットに含まれている送信禁止期間が経過するまでの間は送信を禁止する。したがって、全ての送達確認パケットの送信が終了する前に他の無線局がデータパケットの送信を開始するのを避けることができる。すなわち、宛先の異なる複数のデータパケットを同時に送信できるので、送信バッファ上に送信すべき複数のデータパケットが揃うまでの送信待ち時間を短縮でき、実効スループットが改善される。
- 10

請求の範囲8の発明は請求の範囲2の発明において、請求の範囲17の発明は請求の範囲11の発明において、データパケットを受信する無線局は、受信した

15 複数のデータパケットに自局宛のデータパケットが含まれている場合に、自局宛でのデータパケットに対する送達確認パケットを生成するとともに、自局宛でのデータパケットに保持されている送達確認パケット送信時刻を検出する。送達確認パケット送信時刻のタイミングで、自局宛でのデータパケットの受信レートを超えない最大の規定速度 (Mandatory Rate) で送達確認パケットを送信する。

- 20 これにより、送信側無線局が送信する各データパケットの中に、送達確認パケットの送信時刻を指示する情報が含まれているので、各データパケットの宛先の複数の受信側無線局がそれぞれ送達確認パケットを送出する時刻を個別に制御することができる。すなわち、複数の受信側無線局が互いに時間をずらして送達確認パケットを送出することが可能になるので、データパケットを送信した送信側
- 25 無線局は、複数の受信側無線局から返送される送達確認パケットを順次に受信することができる。したがって、空間分割多重を用いて宛先の異なる複数のデータパケットを同時に送信できるので、送信バッファ上に送信すべき複数のデータパケットが揃うまでの送信待ち時間を短縮でき、実効スループットが改善される。

請求の範囲9の発明は請求の範囲2の発明において、請求の範囲18の発明は

請求の範囲 1 1 の発明において、空き状態の無線チャネルの数  $N_{ch}$  と、パケット長が互いにほぼ等しいデータパケットの数  $N_p$  とを検出し、 $(N_{ch} \geq N_p)$  の場合には空間分割多重を用いることなく  $N_p$  個の無線チャネルを用いて  $N_p$  個のデータパケットを同時に送信し、 $(N_{ch} < N_p)$  の場合には空間分割多重を用いて

5 複数のデータパケットを同時に送信する。

ここでは、 $N_{ch}$ ,  $N_p$  を検出し、複数の無線チャネルの利用と空間分割多重の利用とを状況に応じて使い分けるので、望ましい通信が実現する。すなわち、複数の無線チャネルを用いて複数のデータパケットを同時に送信する場合には、空き状態の複数の無線チャネルを有効に活用して品質の高い通信と実効スループットの改善とを両立できる。また、空間分割多重を利用する場合には、空き状態の無線チャネルが 1 つだけの場合であっても実効スループットを改善できる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の無線パケット通信装置の構成例を示す図である。

15 図 2 は、データパケットおよび ACK パケットの構成を示す図である。

図 3 は、本発明の無線パケット通信方法における送信処理手順 (1) を示すフローチャートである。

図 4 は、本発明の無線パケット通信方法における送信処理手順 (1) を示すフローチャートである。

20 図 5 は、送信処理手順 (1) の動作例を示すタイムチャートである。

図 6 は、本発明の無線パケット通信方法における送信処理手順 (2) を示すフローチャートである。

図 7 は、送信処理手順 (2) における 2 種類のモードを説明するタイムチャートである。

25 図 8 は、本発明の無線パケット通信方法における受信処理手順 (1) を示すフローチャートである。

図 9 は、本発明の無線パケット通信方法における受信処理手順 (1) を示すフローチャートである。

図 10 は、受信処理手順 (1) ~ (3) の動作例を示すタイムチャートである。

図 1 1 は、本発明の無線パケット通信方法における受信処理手順 (2) を示すフローチャートである。

図 1 2 は、本発明の無線パケット通信方法における受信処理手順 (3) を示すフローチャートである。

5 図 1 3 は、本発明の無線パケット通信方法における受信処理手順 (4) を示すフローチャートである。

図 1 4 は、本発明の無線パケット通信方法における受信処理手順 (4) を示すフローチャートである。

図 1 5 は、受信処理手順 (4) の動作例を示すタイムチャートである。

10 図 1 6 は、受信処理手順 (4) の動作例を示すタイムチャートである。

図 1 7 は、複数の無線チャネルを用いた通信形態を説明する図である。

図 1 8 は、複数の無線チャネルを用いた通信形態を説明する図である。

図 1 9 は、複数の無線チャネルの中心周波数が近接している場合の問題点を説明するタイムチャートである。

15 図 2 0 は、複数の無線チャネルの伝送速度が異なる場合の問題点を説明するタイムチャートである。

図 2 1 は、空間分割多重を利用する場合の問題点を説明するタイムチャートである。

20 発明を実施するための最良の形態

#### [無線パケット通信装置の構成例]

図 1 は、本発明の無線パケット通信装置の構成例を示す。ここでは、3 つ以上の無線局の間で無線回線を介してデータパケットを伝送する場合を想定している。これらの無線局としては、例えば IEEE 802. 11 規格に準拠する無線 LAN システムを構成する無線基地局や無線端末を想定することができる。

25 図において、本構成例の無線局は、複数の送受信処理部 10-1, 10-2, …と、ヘッダ付加部 21, 送信バッファ 22, 送信チャネル選択制御部 23, パケット振り分け送信制御部 24, パケット順序管理部 25, ヘッダ除去部 26, データパケット管理部 27 および宛先端末別伝送速度管理部 32 を備える。各送

受信処理部10-1, 10-2, ...は、互いに異なる無線チャネルで無線通信を行う。これらの無線チャネルは互いに無線周波数などが異なるので、送受信処理部10-1, 10-2, ...が使用する無線回線は互いに独立している。

各々の送受信処理部10は、変調器11, 無線送信部12, アンテナ13, 無線受信部14, 復調器15, パケット選択部16, キャリア検出部17, 送信状態保持部18, ACKパケット生成部19および伝送速度選択部31を備える。  
5   なお、図1には2つの送受信処理部10だけを示しているが、1つの無線局に設ける送受信処理部10の数は必要に応じて増やしてもよい。

また、本構成例の無線局では、公知の空間分割多重通信技術の適用が可能であるが、ここでは省略している。なお、空間分割多重技術を併用することにより、  
10   各無線チャネルごとの空間分割多重数の総和に相当する無線パケットを同時に送信することができる。

ヘッダ付加部21の入力には、送信すべき送信データフレーム系列が入力される。この送信データフレーム系列は、1つあるいは複数のデータフレームで構成  
15   される。実際に扱うデータフレームとしては、例えばイーサネット（登録商標）フレームなどが想定される。ヘッダ付加部21は、図2に示すようなデータパケットを生成する。すなわち、ヘッダ付加部21に入力された送信データフレーム系列中の各々のデータフレームに対して、パケット種別情報、宛先無線局の識別  
20   情報、送信元無線局の識別情報およびシーケンス番号を含む制御情報を付加する。

パケット種別情報は、このデータパケットがデータフレームを送受信するために使用されるデータパケットであることを表す情報である。宛先無線局の識別情報は、当該データフレームの宛先となる無線局を特定するために利用される。送信元無線局の識別情報は、当該データフレームの送信元の無線局を特定するために利用される。シーケンス番号は、当該無線局が送信するデータフレームの順番  
25   を表す番号である。送達確認パケット送信時刻は、このデータパケットに対する送達確認パケットを送信する時刻を指定するために利用される。

ヘッダ付加部21が生成したデータパケットは、データパケット系列として送信バッファ22に入力される。送信バッファ22は、入力された1つあるいは複数のデータパケットをバッファリングして一時的に保持する。また、送信バッ

ァ 2 2 は現在保持している各々のデータパケットが、送信バッファ 2 2 上のどのアドレスに保持されているかを表すアドレス情報と、当該データパケットのパケットサイズおよび宛先無線局の ID とを互いに対応付けて管理しており、これらの情報をデータパケット格納情報として逐次出力する。このデータパケット格納

5 情報はデータパケット管理部 2 7 に入力される。

データパケット管理部 2 7 は、送信バッファ 2 2 から逐次入力されるデータパケット格納情報を参照し、送信バッファ 2 2 に保持されている各データパケットのアドレス情報、パケットサイズおよび宛先無線局の ID を互いに対応付けて管理する。また、データパケット管理部 2 7 はアドレス情報に基づき、送信バッファ 2 2 に保持されている各データパケットの中で最も早い時刻に入力されたものを先頭データパケットとして認識し、この先頭データパケットと同時に送信可能な他のデータパケットとを同時に送信対象として選択する。

ここで、「先頭データパケットと同時に送信可能な他のデータパケット」とは、伝送速度およびパケットサイズから求められるパケット長（伝送所要時間）が先頭データパケットとほぼ同じであり、同時に送信しても無線チャネル間の漏れ電力の影響を受けることなく通信可能なデータパケットを意味する。ただし、宛先の異なるデータパケットはそれぞれ通信経路が異なるので、宛先毎に通信に使用する伝送速度も異なる場合がある。そこで、宛先端末別伝送速度管理部 3 2 が宛先端末毎に伝送速度の情報を管理している。実際には、過去のデータ送信時に使用した伝送速度の情報を無線チャネル（CH 1，CH 2）と宛先端末別に区別して宛先端末別伝送速度管理部 3 2 が保持している。

データパケット管理部 2 7 は、パケット振り分け送信制御部 2 4 から入力される要求の内容を参照し、同時送信可能なパケットの数を認識する。次に、データパケット管理部 2 7 は、宛先端末別伝送速度管理部 3 2 に保持されている伝送速度の情報および送信バッファ 2 2 に保持されている各データパケットに関する管理情報を参照し、各データパケットのパケットサイズおよび伝送速度からパケット長が先頭データパケットとほぼ同じ他のデータパケットを選択する。

また、宛先端末別伝送速度管理部 3 2 に保持されている伝送速度は必要な伝送品質を満たす最大の伝送速度であり、実際にはそれよりも低速の他の伝送速度を



使用することも可能である。そこで、データパケット管理部 27 は宛先端末別伝送速度管理部 32 に保持されている伝送速度以下の他の選択可能な伝送速度のそれぞれについても、各データパケットの伝送所要時間を求め、伝送所要時間が先頭データパケットとほぼ同じ全てのデータパケットを選択する。

- 5      次に、データパケット管理部 27 は選択したデータパケットの中から、パケット振り分け送信制御部 24 から要求されたパケット数と同数の 1 つまたは複数のデータパケットの各アドレス情報を送信バッファ 22 へ出力する。すなわち、データパケット管理部 27 は先頭データパケットのアドレスと、前述の条件を満たす選択されたデータパケットのアドレスとを送信バッファ 22 に対して与える。
- 10    同時に、データパケット管理部 27 は各データパケットの伝送速度を表す情報をパケット振り分け送信制御部 24 に与える。また、データパケット管理部 27 は選択したデータパケットの数を送信チャネル選択制御部 23 に出力する。

- 15    パケット振り分け送信制御部 24 は、各無線チャネルに対して各データパケットを対応付ける際に、データパケット管理部 27 から入力された伝送速度の情報を該当する無線チャネルの伝送速度選択部 31 に与える。

- 20    送信チャネル選択制御部 23 の各入力端子には、各送受信処理部 10 内のキャリア検出部 17 がそれぞれ検出した各無線チャネルのキャリア検出結果と、データパケット管理部 27 が出力するデータパケット数（先頭データパケットと伝送所要時間がほぼ同じデータパケットの数）と、各送受信処理部 10 内の送信状態保持部 18 が出力する各無線チャネルにおける送信状況の情報とが入力される。

送信チャネル選択制御部 23 は、これらの入力情報に基づいて同時に送信するデータパケットの数を決定するとともに、これらのデータパケットの送信に用いる無線チャネルを選択し、これらの結果をパケット振り分け送信制御部 24 に対して出力する。

- 25    なお、ここではキャリア未検出でありかつ送信処理中でない無線チャネルを空きチャネルと呼ぶ。また、キャリア未検出かどうかを判定するためにキャリアを監視する時間の長さについては所定の計算式から算出される一定時間 T とする。

本構成例の無線局では、送信チャネル選択制御部 23 は空きチャネル数がデータパケット管理部 27 から通知されたデータパケット数以上であった場合には、

このデータパケット数を同時に送信するデータパケットの数として決定するとともに、このデータパケットの数と同数の無線チャネルを空きチャネルの中から選択し、その結果をパケット振り分け送信制御部 24 に通知する。

- 5 また、空きチャネル数がデータパケット管理部 27 から通知されたデータパケット数よりも少なかった場合には、空きチャネル数を同時に送信するデータパケットの数として決定するとともに全ての空きチャネルを選択し、その結果をパケット振り分け送信制御部 24 に通知する。

- 10 パケット振り分け送信制御部 24 は、送信チャネル選択制御部 23 から通知された無線チャネルの選択結果から得られる送信データパケット数に従って、これと同数のデータパケットを送信バッファ 22 から読み出すための要求をデータパケット管理部 27 に出力する。データパケット管理部 27 は、パケット振り分け送信制御部 24 から入力された要求の内容に従い、前述のように要求されたデータパケットの数と同数の 1 つまたは複数のデータパケットの各アドレス情報を送信バッファ 22 に対して出力する。

- 15 送信バッファ 22 は、それが保持しているデータパケットの中で、データパケット管理部 27 から入力された各アドレス情報で特定されるアドレスに存在する各データパケットを全て読み出してパケット振り分け送信制御部 24 に出力するとともに、該当する各データパケットを送信バッファ 22 上から削除する。

- 20 パケット振り分け送信制御部 24 は、送信バッファ 22 から入力された各々のデータパケットに対し、送信チャネル選択制御部 23 から通知された無線チャネルの中で互いに異なる無線チャネルを 1 つずつ対応付ける。そして、複数のデータパケットがパケット振り分け送信制御部 24 に入力された場合には、これらを同一のタイミングで選択された複数の無線チャネルを用いて同時に送信するために、複数の送受信処理部 10（選択された無線チャネルに該当するもののみ）の  
25 各変調器 11 に対してそれぞれ該当するデータパケットを同時に出力する。また、パケット振り分け送信制御部 24 は選択された複数の無線チャネルを用いてデータパケットの送信処理を開始したことを示す信号を、選択された無線チャネルに該当する送受信処理部 10 内の送信状態保持部 18 に対して出力する。

また、パケット振り分け送信制御部 24 に入力されたデータパケットが 1 つの

みである場合には、選択した1つの無線チャネルに対応する1つの送受信処理部10の変調器11に対してデータパケットを送信し、選択された1つの無線チャネルを用いてデータパケットの送信処理を開始したことを示す信号を同じ送受信処理部10内の送信状態保持部18に対して出力する。

- 5 各送受信処理部10内の変調器11は、パケット振り分け送信制御部24からデータパケットが入力されると、そのデータパケットに対して所定の変調処理を施して無線送信部12に出力する。また、伝送速度選択部31の選択した伝送速度に応じた信号が変調器11に入力される。伝送速度選択部31は、使用可能な複数の伝送速度の中から実際に使用する伝送速度を決定するが、選択の条件は送信状態保持部18の出力する信号の状態およびパケット振り分け送信制御部24
- 10 から入力される伝送速度によって決定される。

- 例えば、パケット長が同じ複数のデータパケットをデータパケット管理部27が選択する際に、宛先端末別伝送速度管理部32に保持されている最大の伝送速度よりも低速の伝送速度で条件を満たしたデータパケットを送信する場合には、
- 15 条件を満たす伝送速度の情報がデータパケット管理部27から出力され、パケット振り分け送信制御部24を介して伝送速度選択部31に入力される。このとき、前回送信時と同じ無線チャネルで同じ宛先にデータパケットを送信する場合であっても、伝送速度選択部31は使用する伝送速度を新たに指定された伝送速度に切り替える。

- 20 各無線送信部12は、変調器11から入力された変調処理後のデータパケットに対して、DA変換、周波数変換、フィルタリングおよび電力増幅を含む送信処理を施す。各無線送信部12は、それぞれ予め割り当てられた1つの無線チャネルに対応した送信処理を行う。無線送信部12によって送信処理が施されたデータパケットは、アンテナ13を介して無線信号として送信される。

- 25 パケット振り分け送信制御部24に複数のデータパケットが同時に入力された場合には、これらのデータパケットは複数の無線チャネルにそれぞれ対応付けられた複数の送受信処理部10で同時に処理され、複数の無線チャネルで無線信号として同時に送信開始される。また、空間分割多重を利用する場合には、1つの無線チャネルで複数のデータパケットを同時に並列送信される。

2つのデータパケットが同時にパケット振り分け送信制御部24に入力された場合には、2つの無線チャネルを用いて同時に送信開始される。また、同時に送信されるデータパケット(1)とデータパケット(2)はパケット長(伝送所要時間)がほぼ同じになるようにデータパケット管理部27によって選択されたものである。2つの無線チャネルにおいて各データパケットの送信が終了する時刻は同時になる。

なお、2つの無線チャネルで伝送速度が異なる場合、各データパケットに対する到達確認信号ACK(1)、ACK(2)のパケット長(伝送所要時間)に、図20に示すような違いが生じるので、この問題を解決するために特別な工夫が必要になる。これについては後で説明する。

一方、他の無線局が送信した無線信号が各送受信処理部10-1、10-2、…の何れかに割り当てられた無線チャネルで送信された場合には、無線信号の電波は該当する送受信処理部10のアンテナ13で受信され、無線受信部14に入力される。予め割り当てられた無線チャネルの無線信号がアンテナ13から入力されると、無線受信部14は、入力された無線信号に対して、周波数変換、フィルタリング、直交検波およびAD変換を含む受信処理を施す。

なお、各送受信処理部10-1、10-2、…の無線受信部14は、それぞれ予め割り当てられた無線チャネルに対応する受信処理を行う。また、各送受信処理部10-1、10-2、…の無線受信部14には、それぞれに接続されたアンテナ13が送信のために使用されていない時には、他の無線局が送信したデータパケットの有無とは無関係に、常にアンテナ13を介して割り当てられた無線チャネルを含む無線伝搬路上の無線信号が入力されており、無線受信部14はデータパケットの有無に合わせて適切な受信処理を行う。

割り当てられた無線チャネルでデータパケットを受信した場合には、受信した無線信号に対応するベースバンド信号が無線受信部14から出力される。また、割り当てられた無線チャネルにおける受信信号の受信電界強度を表すRSSI信号が無線受信部14から出力される。なお、RSSI信号は該当する無線チャネルでデータパケットが送信されていたか否かとは無関係に、接続されたアンテナ13が送信状態でなければ無線受信部14から常に出力される。

無線受信部 14 から出力される受信信号および RSSI 信号は、復調器 15 およびキャリア検出部 17 にそれぞれ入力される。キャリア検出部 17 は、RSSI 信号が入力されると、その信号によって表される受信電界強度の値と予め定め  
5 った閾値とを比較する。そして、所定の計算方法で算出される時間 (T) の間に渡  
って連続的に受信電界強度が前記閾値よりも小さい状態が継続すると、割り当て  
られた無線チャネルが空き無線チャネルであると判定し、それ以外の場合には割  
り当てられた無線チャネルがビジーであると判定する。この判定結果を各キャ  
リア検出部 17 はキャリア検出結果 CS1, CS2, ... として出力する。なお、時  
間 T はその都度変化させてもよいが、本例においては簡単のため一定値である場  
10 合を想定する。

また、各送受信処理部 10 において、アンテナ 13 が送信状態である場合には  
キャリア検出部 17 には RSSI 信号が入力されない。また、アンテナ 13 が既  
に送信状態にある場合には、同じアンテナ 13 を用いて他のデータパケットを無  
線信号として同時に送信することはできない。したがって、各キャリア検出部 1  
15 7 は RSSI 信号が入力されなかった場合には、割り当てられた無線チャネルが  
ビジーであることを示すキャリア検出結果を出力する。各無線チャネルのキャ  
リア検出部 17 から出力されるキャリア検出結果 CS1, CS2, ... は送信チャネ  
ル選択制御部 23 に入力される。

また、各送受信処理部 10 の送信状態保持部 18 は、割り当てられた無線チャ  
20 ネルを用いて自局が送信処理を行っている状況であるか否かを表す情報を保持し、  
その情報を送信チャネル選択制御部 23 に対して出力する。

パケット選択部 16 は、復調器 15 から入力されたパケットについて最初にそ  
の種別を識別する。すなわち、各パケットのヘッダには図 2 に示すようにパケッ  
ト種別情報が含まれているので、この情報を参照して入力されたパケットがデー  
25 タパケットか送達確認パケット (ACK パケット) かを識別する。

ACK パケットを受信した場合には、そのパケットに含まれている送信元無線  
局の ID を参照し、それが自局の ID と一致するか否かを確認する。ACK パケ  
ットの送信元無線局の ID が自局の ID と一致した場合には、該当するパケット  
を送信した際に使用した無線チャネルに対応付けられた送受信処理部 10 の送信

状態保持部 18 に対して、ACK パケットを受信したことを示す信号を出力し、一致しない場合には受信したパケットを破棄する。送信状態保持部 18 は、パケット選択部 16 から ACK パケットを受信したことを示す信号が入力された場合には、対応する無線チャネルを使用して直前に送信したデータパケットの送信処理が完了したことを認識して各々の無線チャネルに対応する送信状況を更新して保持し、保持している無線チャネルの送信状況を送信チャネル選択制御部 23 に対して出力する。

一方、パケット選択部 16 に入力されたパケットがデータパケットであった場合には、入力されたデータパケットが自局に対して送信されたものか否かを識別する。すなわち、各データパケットには図 2 に示すようにヘッダとして宛先無線局の ID が含まれているので、その ID が自局と一致するか否かを調べることで、各データパケットが自局宛か否かを識別できる。パケット選択部 16 に入力されたデータパケットが自局に対して送信されたものであった場合には、パケット選択部 16 は当該パケットを ACK パケット生成部 19 およびパケット順序管理部 25 に出力する。また、自局宛でないパケットを検出した場合には、パケット選択部 16 は当該パケットを破棄する。

ACK パケット生成部 19 は、パケット選択部 16 からデータパケットが入力されると、そのヘッダから送信元無線局の ID を抽出し、それを含む図 2 に示すような ACK パケットを生成する。ACK パケット生成部 19 が生成した ACK パケットは、変調器 11 で変調され、データパケットを送信する場合と同様に、無線送信部 12 で処理されアンテナ 13 から無線信号として送出される。

パケット順序管理部 25 は、入力された各データパケットに付加されているシーケンス番号を調べ、受信した複数のデータパケットの並びを適切な順番、すなわちシーケンス番号順に並べ替える。その結果を受信データパケット系列としてヘッダ除去部 26 に出力する。ヘッダ除去部 26 は、入力された受信データパケット系列に含まれている各々のデータパケットからヘッダ部分、すなわちパケット種別情報、宛先無線局の ID、送信元無線局の ID およびシーケンス番号を含む制御情報を除去して元のデータフレームを抽出し、受信データフレーム系列として出力する。

## [送信処理手順(1)]

図3、図4は、本発明の無線パケット通信方法における送信処理手順(1)を示す。図5は、送信処理手順(1)の動作例を示す。

- 図3において、ステップS11では、利用可能な全ての無線チャネルの中から、
- 5 キャリアセンスによって空き状態の無線チャネルを検索する。実際には、各送受信処理部10のキャリア検出部17を用いてチャネル毎に無線チャネルの空き状況を検出し、検出した空きチャネル数をNchとする。空きチャネルを1つ以上検出した場合に、ステップS12で送信バッファ22を検索し、送信待ちのデータパケット数Kを取得する。送信待ちのデータパケットがない場合(K=0)にはキャリアセンスに戻り、送信待ちのデータパケット数Kが1以上の場合に次に進む。
- 10

ステップS13では、図4に示す送信パケット選択処理を実行し、送信バッファ22上の送信待ちデータパケットの中から次のタイミングで送信すべきデータパケットを1つまたは複数選択する。この処理は、図1のデータパケット管理部27によって実行される。

- 15 図4において、ステップS31では、送信バッファ22上の管理情報を取得する。すなわち、送信バッファ22上に保持されている各々のデータパケットのアドレス情報と宛先およびパケットサイズとを対応付けたデータパケット格納情報を全てのデータパケットについて取得する。ステップS32では、各データパケットの宛先に対応付けられた伝送速度の情報を宛先端末別伝送速度管理部32から取得
- 20 する。ステップS33では、ステップS31で取得したパケットサイズとステップS32で取得した伝送速度とに基づいて、送信バッファ22上の各データパケットのパケット長(伝送所要時間)を求める。パケット長は(パケットサイズ/伝送速度)として計算される。また、ステップS33では、送信バッファ22上の先頭のデータパケット(最も早い時刻に送信バッファ22に入力されたデータパケット)の
- 25 パケット長と送信バッファ22上の2番目以降のデータパケットのパケット長とを比較する。

ステップS34では、パケット長が先頭のデータパケットとほぼ一致するデータパケットを全て選択する。ステップS35では、ステップS34で選択されなかったデータパケットが送信バッファ22上に存在するか否かを識別し、存在する場合

には次のステップS36に進み、存在しない場合にはステップS38に進む。

ところで、宛先端末別伝送速度管理部32に保持されている宛先毎の伝送速度は、使用可能な伝送速度の最大値である。したがって、宛先端末別伝送速度管理部32から取得した伝送速度よりも低速であれば他の伝送速度を使用しても通常は問題が生じない。そこで、ステップS36ではステップS34で選択されなかった送信バッファ22上の残りの各データパケットについて、宛先端末別伝送速度管理部32から取得した伝送速度よりも低速の選択可能な全ての伝送速度について、それぞれパケット長を求める。

ステップS37では、ステップS36で求めた各データパケットの各伝送速度のパケット長を、ステップS33で求めた先頭のデータパケットのパケット長と比較する。そして、パケット長が先頭のデータパケットとほぼ一致する各データパケットを選択する。

ステップS38では、ステップS34およびS37で選択した各データパケットに対応付けられた伝送速度の信号をデータパケット管理部27から出力し、パケット振り分け送信制御部24を介して該当するチャネルの送受信処理部10の伝送速度選択部31に与える。ステップS34で選択したデータパケットについては、宛先端末別伝送速度管理部32から取得した伝送速度をそのまま出力するが、ステップS37で選択したデータパケットについては、パケット長の比較の際に一致が検出されたパケット長の算出に用いた伝送速度を出力する。

図3において、ステップS14、S15では、ステップS13の処理によって選択されたデータパケットの数 $N_p$ を取得して調べる。ここで、 $N_p = 1$ の場合にはステップS16に進み、1個の空きチャネルを使って選択された1つのデータパケットを送信する。

ステップS15で $N_p > 1$ の場合にはステップS17に進み、ステップS11で検出された空きチャネル数 $N_{ch}$ を調べる。 $N_{ch} > 1$ の場合にはステップS18に進み、ステップS14で選択されたデータパケット数 $N_p$ と空きチャネルの数 $N_{ch}$ および利用可能な空間分割多重数 $L$ とを比較する。 $N_p > N_{ch}$ かつ $N_p > L$ の場合はステップS19に進み、空きチャネル数 $N_{ch}$ と利用可能な空間分割多重数 $L$ とを比較する。一方、ステップS18で $N_p \leq N_{ch}$ または $N_p \leq L$ の場合はステップS20に



進み、空きチャネル数 $N_{ch}$ とステップS14で選択されたデータパケットの数 $N_p$ とを比較する。

ステップS19で $N_{ch} \geq L$ の場合およびステップS20で $N_{ch} \geq N_p$ の場合には、ステップS21に進み、ステップS11で検出された複数の空きチャネルを同時に使  
5 い、ステップS13で選択された複数のデータパケットを同時に送信開始する。

一方、ステップS17で $N_{ch} = 1$ の場合、またはステップS19で $N_{ch} < N_p$ の場合、またはステップS20で $N_{ch} < N_p$ の場合には、ステップS22に進み、宛先端  
末別伝送速度管理部32から取得した伝送速度を元に、各データパケットの宛先  
無線局がACKを送信開始する時刻を指示する情報を各データパケットに格納す  
10 る。次にステップS23に進み、1個の空き無線チャネルを使い、ステップS13で  
選択された複数のデータパケットを空間分割多重により多重化して同時に送信開  
始する。

なお、ステップS20において $N_{ch} < N_p$ の場合に、 $N_{ch}$ の空きチャネルと空間  
分割多重を用いて、複数( $N_{ch}$ の各空間分割多重数 $L$ の総和)のデータパケット  
15 を同時に送信開始するようにしてもよい。

ステップS16、S21またはS23でデータパケットの送信を開始した後、すべての  
無線チャネルにおけるデータパケットの送信が完了するまでステップS24で待  
機してからステップS11に戻る。実際には、各送受信処理部10の送信状態保持  
部18が出力する情報を監視することにより、自局が送信終了していない無線チ  
20 ャネルが存在するか否かをステップS24で確認することができる。なお、ステ  
ップS24については省略しても良い。

以上説明した送信処理手順により、例えば図5に示す時刻 $t_0 \sim t_1$ では、所  
定時間 $T$ に渡って空き状態であることが検出された2つの無線チャネルCH1、CH  
2が同時に存在するので、これらの無線チャネルCH1、CH2を同時に使って互い  
25 に異なる2つのデータパケット(1)およびデータパケット(2)を同時に送信する  
ことができる。

また、このデータパケット(1)、(2)に対する送達確認信号ACK(1)、ACK  
(2)を時刻 $t_3 \sim t_4$ で受信する。時刻 $t_6$ では、データパケット(3)ともう  
1つのデータパケットの2つが送信待ちであったとしても、利用可能な一方の無

線チャンネルCH2がチャンネルビジーであるためデータパケット(3) だけしか送信することができない。

ここで、図3のステップS24を実行する場合には、何れかの無線チャンネルで通信中は新たな送信ができないので、図5の時刻 $t_7$ で無線チャンネルCH2がチャンネルビジーでなくなっても、次のデータパケットを直ちに送信することはできない。  
5 これにより、データパケット(3) に対する送達確認信号ACK(3) を受信し、全てのチャンネルが送信中でない状態になった時点で、次のデータパケットの送信が開始される。

ところで、複数の無線チャンネル間で送信電力の漏洩が発生する場合には、隣接  
10 する他の無線チャンネルで自局が送信している時に受信すべき信号(例えばACKパケット)が届いても、隣接チャンネルからの送信電力の漏れの影響により受信に失敗する可能性が高い。しかし、図3のステップS13(図4のS31~S38) )において、送信対象のデータパケットとして、伝送速度およびパケットサイズから求められるパケット長、すなわち各データパケットの伝送所要時間がほぼ等しい  
15 複数のデータパケットを選択するので、図5に示すように時刻 $t_1$ で送信を開始したデータパケット(1) , (2)は共に時刻 $t_2$ で送信を完了する。

また、データパケットの送信完了時からACKを受信開始するまでの時間は、一般にデータパケットのパケット長によらず一定であるため、データパケット  
(1) に対する送達確認信号ACK(1) を受信するタイミング( $t_3 \sim t_4$ )とデータパケット(2) に対する送達確認信号ACK(2) を受信するタイミング( $t_3$   
20  $\sim t_4$ ) も同じになり、送信電力の漏れの影響を受けることなくACK(1) , ACK(2) を受信できる。

なお、同時に送信する複数のデータパケットのパケット長が互いに等しくない場合には、パケット長の差に相当する分だけデータパケット(1) , (2) の送信が  
25 完了する時刻が異なることになるため、ACK(1) およびACK(2) を受信するタイミングにも、パケット長の差に相当する分だけ差が生じることになる。しかし、データパケット(1) , (2) のパケット長の差が十分に小さく、各々のデータパケットの送信完了時刻の差が、データパケットの送信完了時からACKの受信を開始するまでの時間よりも短ければ、送信電力の漏れの影響を受けることなく

ACK(1), ACK(2)を受信できる。したがって、ステップS13で同時に選択するデータパケットについては、パケット長が完全に一致していなくてもパケット長の差が十分に小さければ問題はない。

このように、空き無線チャネルが同時に複数存在する場合、あるいは空間分割多重を用いる場合には、複数のデータパケットを同時に送信できるので、単位時間で送信できるデータパケットの数を大幅に増やすことができ、スループットが改善される。なお、空間分割多重を用いて複数のデータパケットを異なる宛先に同時に送信する場合については、各宛先からのACKパケットの送信開始時刻をスケジュールする必要があるが、これについては後述する。

#### 10 [送信処理手順(2)]

図6は、本発明の無線パケット通信方法における送信処理手順(2)を示す。送信処理手順(2)では、図4の送信処理手順(1)のステップS36, S37が図6のステップS36B, S37Bに変更されている。変更された部分について説明する。

ステップS36Bでは、未選択のデータパケットについて順番に、条件式を満たすk個のデータパケットを選択する。この条件式において、 $T_1$ は送信バッファの先頭のデータパケットのパケット長、 $T_{oh}$ はオーバーヘッド時間、 $T_\alpha$ は先頭のデータパケット以外のデータパケットのパケット長であり、後述するように2つのモードの伝送効率に関する比較を行うものである。ステップS37Bでは、ステップS36Bで選択したk個のデータパケットのパケット長(伝送所要時間)が全て $T_1$ と等しくなるように、k個の各データパケットにダミー信号を付加する。

次に、このような処理を行う理由について説明する。例えば、パケット長の揃わない2つのデータパケットが存在する場合に、2つの無線チャネルが空き状態であった場合には、図7に示すような2種類のモードを採用し、実質的にパケット長の揃った2つのデータパケットを並列送信することが考えられる。すなわち、モード1では、パケット長( $T_2$ )の短い2番目のパケットにダミー信号を付加して、実質的なパケット長を先頭パケットのパケット長( $T_1$ )に合わせてこれらを同時に送信する。モード2では、それぞれのパケットを2つに等分割してパケット長( $T_1/2$ ,  $T_2/2$ )の揃ったデータパケットを生成し、先頭のパケットと2番目のパケットとを2回に分けて送信する。

ここで、モード1の送信効率 $\eta_1$ は $(T_1 + T_{oh})$ で表すことができ、モード2の送信効率 $\eta_2$ は $((T_2 + T_1) / 2 + 2 \times T_{oh})$ で表すことができる。なお、オーバーヘッド時間 $T_{oh}$ については通常は一定なので定数とみなして扱えばよい。

ステップS35Bの条件式では、これらの送信効率を比較している。すなわち、

- 5 各モード1, 2においてステップS35Bの条件式の左辺は次のように変形できる。

$$\begin{aligned} & \Sigma ( | T_{\alpha} - T_1 | ) / \alpha + (k-1) \times T_{oh} \\ & = ((T_1 - T_1) / 2) + ((T_2 - T_1) / 2) + T_{oh} \\ & = ((T_2 - T_1) / 2) + T_{oh} \end{aligned}$$

したがって、ステップS35Bの条件式は次のように変形することができる。

$$\begin{aligned} 10 \quad & ((T_2 - T_1) / 2) + T_{oh} > 0 \\ & T_2 / 2 + T_1 / 2 + 2 \times T_{oh} > T_1 + T_{oh} \end{aligned}$$

この式の左辺および右辺は、それぞれ図7のモード2の送信効率およびモード1の送信効率を表している。すなわち、いずれのモードを選択した方が送信効率がいよいかを自動的に選択することができる。

#### 15 [受信処理手順(1)]

図8, 図9は、本発明の無線パケット通信方法における受信処理手順(1)を示す。図10は、受信処理手順(1)～(3)の動作例を示す。なお、ここではIEEE 802.11規格に準拠した制御を行うことを想定しているため、受信した無線局がACKパケットを送信する場合の伝送速度は、規定速度(Mandatory Rate)

- 20 である $M_1, M_2, M_3$  ( $M_1 < M_2 < M_3$ )の何れかが用いられる。

図8において、ステップS111では、全ての送受信処理部10で受信可能な複数の無線チャネルのそれぞれについて、データパケットの受信処理を実行する。パケットを受信した場合にはステップS112に進み、同時に受信したデータパケットの数 $N_r$ を取得する。また、次のステップS113では受信した $N_r$ 個の各データパケットの伝送速度 $R(1) \sim R(N_r)$ を取得する。

25 ステップS114では、同時に受信したデータパケットの数 $N_r$ を調べ、 $N_r = 1$ ならばステップS115に進み、受信したデータパケットに含まれている宛先無線局のIDを参照し、自局宛のパケットか否かを識別する。自局宛でないデータパケットを受信した場合にはステップS116に進み、そのデータパケットを破棄して終

了する。自局宛のデータパケットを受信した場合にはステップS117に進み、受信したデータパケットの伝送速度が規定速度（M1，M2，M3）と等しいか否かを調べ、いずれかの規定速度と等しい場合にはステップS118に進み、異なる場合にはステップS119に進む。

- 5      ステップS118では、受信したデータパケットの伝送速度と同じ規定速度を選択し、その規定速度でデータパケットを受信した無線チャネルを使い、送信元に向けてACKパケットを送信する。ステップS119では、受信したデータパケットの伝送速度を超えない最大の規定速度を（M1，M2，M3）の中から選択し、その規定速度でデータパケットを受信した無線チャネルを使い、送信元に向けてACK
- 10      C Kパケットを送信する。

- 複数のデータパケットを同時に受信した場合には、ステップS114からステップS121に進み、各データパケットに含まれている宛先無線局のIDを参照し、自局宛のパケットか否かを識別する。自局宛でないデータパケットを受信した場合にはステップS116に進み、そのデータパケットを破棄して終了する。自局宛のデータ
- 15      パケットを受信した場合には、図9のステップS131に進む。

- 図9において、ステップS131では、同時に受信したNr個のデータパケットの伝送速度が全て同じか否かを識別する。Nr個のデータパケットの伝送速度が全て同じ場合にはステップS132に進み、受信したデータパケットの伝送速度が規定速度（M1，M2，M3）と等しいか否かを調べ、いずれかの規定速度と等しい
- 20      場合にはステップS133に進み、異なる場合にはステップS134に進む。ステップS133では、受信したデータパケットの伝送速度と同じ規定速度を選択し、その規定速度で自局宛のデータパケットを受信した無線チャネルを用いて送信元宛にACKパケットを送信する。ステップS134では、受信したデータパケットの伝送速度を超えない最大の規定速度を（M1，M2，M3）の中から選択し、その規定速度
- 25      で自局宛のデータパケットを受信した無線チャネルを用いて送信元宛にACKパケットを送信する。

一方、ステップS131の識別により受信したNr個のデータパケットの伝送速度が全て同じでない場合にはステップS135に進み、伝送速度R(1)～R(Nr)の中の最小値をRlowに定め、ステップS136でRlowが規定速度（M1，M2，M3）

等しいか否かを識別する。R<sub>low</sub> がいずれかの規定速度と等しい場合にはステップS137に進み、等しくない場合にはステップS138に進む。

ステップS137では、R<sub>low</sub> (=規定速度) で自局宛のデータパケットを受信した無線チャネルを使い送信元宛にACKパケットを送信する。ステップS138では、  
5 R<sub>low</sub> を超えない最大の規定速度を (M1, M2, M3) の中から選択し、その規定速度で自局宛のデータパケットを受信した無線チャネルを用いて送信元宛にACKパケットを送信する。

以上の処理により、図10(1)に示す動作が実現する。すなわち、伝送速度が24Mbit/sの無線チャネルCH1と、伝送速度が6Mbit/sの無線チャネルCH2で、  
10 宛先の異なるデータパケット(1), (2)が同時に送信される。データパケット(1), (2)を受信した無線局では、自局宛てのデータパケットを受信するとともに、伝送速度6Mbit/sをR<sub>low</sub>として選択する。データパケット(1)を受信した無線局は、無線チャネルCH1の伝送速度を24Mbit/sから6Mbit/sに切り替えてACK(1)を送信する。データパケット(2)を受信した無線局は、無線チャ  
15 ネルCH2で伝送速度6Mbit/sのままでACK(2)を送信する。以上の動作は、図9のステップS137に対応する。

なお、ACK(1)のサイズとACK(2)のサイズは同一であり、これらの送信に用いる伝送速度6Mbit/sも同一であるので、ACK(1)とACK(2)のパケット長は同一になる。したがって、ACK(1)の送信が終了する時刻とACK  
20 (2)の送信が終了する時刻とは同一になり、2つの無線チャネルCH1, CH2のキャリアセンスは同じ時刻に開始される。これにより、データパケットの送信局において、各無線チャネルで送信されたACKパケットを確実に受信できるとともに、すべての無線局においてその間の送信が停止され、その後のキャリアセンスによる送信権を各無線局に公平に付与することができる。

## 25 [受信処理手順(2)]

図11は、本発明の無線パケット通信方法における受信処理手順(2)を示す。受信処理手順(2)は、図8および図9に示す受信処理手順(1)のステップS111~S121、ステップS131~S134は共通であるので、ここでは図8に対応する受信処理手順(ステップS111~S121)を省略し、図9に対応する受信処理手順のみを示す。

なお、図9のステップS135～S138が図11ではステップS141～S151に入れ代わる。

ステップS141では、受信した $N_r$ 個のデータパケットの伝送速度 $R(1) \sim R(N_r)$ の中の最小値を $R_{low}$ に定め、次のステップS142では自局宛のデータパケットの伝送速度を $R_0$ に定める。

- 5     ステップS143では、 $R_{low}$ が規定速度( $M_1, M_2, M_3$ )と等しいか否かを識別する。 $R_{low}$ が規定速度のいずれかと等しい場合にはステップS144に進み、等しくない場合にはステップS145に進む。ステップS144では $R_{low}$ を $R_{ACKlow}$ に定め、ステップS145では、( $M_1, M_2, M_3$ )の中で $R_{low}$ を超えない最大の規定速度を $R_{ACKlow}$ に定める。

- 10    次のステップS146では、自局宛のデータパケットの伝送速度 $R_0$ が規定速度( $M_1, M_2, M_3$ )と等しいか否かを識別する。 $R_0$ が規定速度のいずれかと等しい場合にはステップS147に進み、等しくない場合にはステップS148に進む。ステップS147では $R_0$ を $R_{ACK0}$ に定め、ステップS148では( $M_1, M_2, M_3$ )の中で $R_0$ を超えない最大の規定速度を $R_{ACK0}$ に定める。

- 15    次のステップS149では、 $R_{ACKlow}$ と $R_{ACK0}$ とを比較する。両者が等しい場合にはステップS150に進み、異なる場合にはステップS151に進む。

- ステップS150では、伝送速度 $R_{ACK0}$ で、自局宛のデータパケットを受信した無線チャネルを使って、送信元宛にACKパケットを送信する。ステップS151では、伝送速度 $R_{ACK0}$ に対応するACKパケットのパケット長と、伝送速度 $R_{ACKlow}$ に対応するACKパケットのパケット長が等しくなるように、それらの差分に相当する長さのダミー信号をACKパケットに付加する。そして、自局宛のデータパケットを受信した無線チャネルを使い、ダミー信号を付加されたACKパケットを伝送速度 $R_{ACK0}$ で送信元宛に送信する。
- 20

- 以上の処理により、図10(2)に示す動作が実現する。すなわち、伝送速度が2  
25   4Mbit/sの無線チャネルCH1と、伝送速度が6Mbit/sの無線チャネルCH2で、宛先の異なるデータパケット(1)，(2)が同時に送信される。データパケット(1)，(2)を受信した無線局では、自局宛てのデータパケットを受信するとともに、伝送速度6Mbit/sを $R_{low}$ として選択する。データパケット(1)を受信した無線局は、無線チャネルCH1の伝送速度24Mbit/sでACK(1)を送信する。

データパケット(2)を受信した無線局は、無線チャネルCH2の伝送速度6Mbit/sでACK(2)を送信する。

ACK(1)のサイズとACK(2)のサイズは同一であるが、これらの送信に用いる伝送速度(24Mbit/s, 6Mbit/s)は異なるので、ACK(1)とACK(2)の5 パケット長も異なる。しかし、データパケット(1)の宛先の無線局では、図11のステップS149でR.ACKlowとR.ACK0とが等しくないため、ステップS151に進む。したがって、高速の伝送速度で送信されるACK(1)には、ACK(2)のパケット長との差分に相当するダミー信号が付加されて送信されることになり、ACK(1)とダミー信号とを合わせたパケット長はACK(2)と同じになる。したがって、実質的にはACK(1), ACK(2)のパケット長が揃うので、同じ時刻10 にこれらの送信が終了し、2つの無線チャネルCH1, CH2のキャリアセンスは同じ時刻に開始される。これにより、データパケットの送信局において、低速の無線チャネルで送信されたACKパケットを確実に受信できるとともに、すべての無線局においてその間の送信が停止され、その後のキャリアセンスによる送信権15 を各無線局に公平に付与することができる。

#### [受信処理手順(3)]

図12は、本発明の無線パケット通信方法における受信処理手順(3)を示す。受信処理手順(3)は、図8および図9に示す受信処理手順(1)のステップS111~S121、ステップS131~S134は共通であり、さらに図11に示す受信処理手順(2)の20 ステップS141~S150は共通であるので、ここでは図8に対応する受信処理手順(ステップS111~S120)を省略し、図9および図11に対応する受信処理手順のみを示す。なお、図11のステップS151は、図12においてステップS151Bに入れ代わる。

ステップS149において、R.ACKlowとR.ACK0とが等しくない場合にはステップ25 プS151Bに進み、R.ACKlowの伝送速度に対応するACKパケットのパケット長の値をACKパケットのDuration Field(図2参照)に記述する。そして、自局宛のデータパケットを受信した無線チャネルを使い、ACKパケットを伝送速度R.ACK0で送信元宛に送信する。

IEEE802.11規格の無線局においては、受信したデータパケットおよ



びACKパケットのDuration Fieldに記述されている時間を送信禁止期間 (NAV) として認識し、この期間が経過するまでの間は送信せずに待機する。

本受信処理手順(3) では、図10(3) に示す動作が実現する。すなわち、伝送速度が24Mbit/s の無線チャネルCH1と、伝送速度が6Mbit/s の無線チャネルCH2で、宛先の異なるデータパケット(1) , (2) が同時に送信される。データパケット(1) , (2) を受信した無線局では、自局宛てのデータパケットを受信するとともに、伝送速度6Mbit/s をRlow として選択する。データパケット(1) を受信した無線局は、無線チャネルCH1の伝送速度24Mbit/s でACK(1) を送信する。データパケット(2) を受信した無線局は、無線チャネルCH2の伝送速度6Mbit/s でACK(2) を送信する。

ACK(1) のサイズとACK(2) のサイズは同一であるが、これらの送信に用いる伝送速度 (24Mbit/s , 6Mbit/s ) は異なるので、ACK(1) とACK(2) のパケット長も異なる。しかし、Rlow よりも高速の伝送速度を用いてACKパケットを送信する無線局は、図12のステップS151B を実行するので、図10(3) のACK(1) のDuration Fieldには、待機すべき時間Ta (R.ACKlow の伝送速度で送信されるACK(2) のパケット長) が記述される。したがって、ACK(1) の宛先の無線局を含むACK(1) を受信した無線局は、そのDuration Fieldの値に従って、ACK(1) の受信が終了しても送信禁止期間 (NAV) が終了するまでの間は待機することになる。これにより、パケット長の長いACK(2) の送信が終了するまでの間に、自局を含むすべての無線局がキャリアセンスを開始することはない。すなわち、データパケットの送信局において、低速の無線チャネルで送信されたACKパケットを確実に受信できるとともに、すべての無線局においてその間の送信が停止され、その後のキャリアセンスによる送信権を各無線局に公平に付与することができる。

#### 25 [受信処理手順(4) ]

ところで、1つの送信元無線局から宛先の異なるデータパケットを1つの無線チャネルに空間分割多重で重畳し同時に送信することは可能であり、宛先の複数の受信側無線局はそれぞれ自局宛のデータパケットを受信できる。しかし、受信したデータパケットに対するACKパケットを宛先の複数の受信側無線局が同じ

無線チャネルで同時に返送すると、送信元無線局はこれらの送達確認パケットを受信することができない。このような問題を解決するための受信処理手順(4)を以下に示す。

図13、図14は、本発明の無線パケット通信方法における受信処理手順(4)を示す。受信処理手順(4)は、図8および図9に示す受信処理手順(1)のステップS111～S121、ステップS131～S138は共通であるので、ここでは図8に対応する受信処理手順(ステップS111～S121)を省略し、図9に対応する受信処理手順の追加部分を図13～図14に示す。

空間分割多重を適用する場合には、図13のステップS201からS202を通り、空きチャネル数 $N_{ch}$ に応じてステップS211または図14のステップS221に進む。

ステップS211、S221では、受信した自局宛データパケットに含まれているACKパケット送信時刻(図15の $t_a$ 、 $t_b$ の値)を取得する。このACKパケット送信時刻の情報は、例えば図13のステップS133B、S134B、S137B、S138Bや、図14のステップS133C、S134CでACKパケットを送信するタイミングを決定するために利用される。すなわち、ステップS133B、S134B、S137B、S138B、S133C、S134Cでは、ACKパケット送信時刻になったら、受信したパケットの伝送速度と同じ伝送速度を選択し、その伝送速度で自局宛パケットを受信した無線チャネルを使い送信元宛にACKパケットを送信する。

各ACKパケット送信時刻は、データパケットの送信元の無線局が決定する。図15に示す例では、1つの無線チャネルに空間分割多重で2つのデータパケット(1)、(2)を重畳して同時に送信する場合を想定しているが、データパケット(1)に対して宛先の1番目の受信側無線局が返送するACK(1)の送信時刻 $t_a$ と、データパケット(2)に対して宛先の2番目の受信側無線局が返送するACK(2)の送信時刻 $t_b$ とは、ACK(1)、ACK(2)が重ならないように送信元の無線局によってスケジューリングされる。

したがって、ACK(1)、ACK(2)は互いに異なる受信側無線局から同じ無線チャネルで送出されるが、送出されるタイミングがずれているので、送信元の無線局は全てのACK(1)、ACK(2)を受信することができる。

また、全てのACKパケットの送信が完了するまでの間は、データパケットの

宛先以外の他の無線局の送信を禁止するために、その期間  $T_c$  を表す値 (NAV) がデータパケットに含まれている。

- 同様に、例えば2つの無線チャネルCH1, CH2を用いて各無線チャネルにそれぞれ空間分割多重で宛先の異なる2つの信号を重畳する場合には、複数の無線チャネルで同時送信するため、図10に示すような方法によりACKパケットのパケット長を合わせ、図16に示すように無線チャネルごとに独立したスケジュールを行えばよい。

#### 産業上の利用可能性

- 10 本発明は、送信側の無線局が宛先の異なる複数のデータパケットを同時に送信できるので、送信バッファ上に送信すべき複数のデータパケットが揃うまでの送信待ち時間を短縮でき、実効スループットを改善することができる。また、無線チャネルごとに異なる伝送速度を使用する場合であっても、受信側の無線局から返信される全ての送達確認パケットの送信が終了するまでの間は次のデータパケットが送信されないので、全ての送達確認パケットを受信することができる。
- 15

## 請求の範囲

(1) 複数の無線チャネルの利用が可能な3以上の無線局の間で、キャリアセンスによって空き状態を判定された無線チャネルを用いてデータパケットを送信する無線パケット通信方法において、

利用可能な複数種類の伝送速度の中で、前記データパケットの送信に用いる伝送速度を宛先無線局ごとに個別に管理し、

送信バッファ上に送信対象のデータパケットが複数存在し、かつ前記複数のデータパケットを同時に送信可能な場合には、各々のデータパケットのデータ量を表すパケットサイズと、各々のデータパケットの宛先無線局に対応付けられた伝送速度とを参照し、前記パケットサイズおよび伝送速度により定まるパケット長(伝送所要時間)をデータパケットごとに確認し、前記パケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットを宛先無線局に関係なく選択し、

前記選択した複数のデータパケットを複数の無線チャネルを利用して同時に送信開始する

ことを特徴とする無線パケット通信方法。

(2) 1つの無線チャネルに複数の信号を空間分割多重することが可能な3以上の無線局の間で、キャリアセンスによって空き状態を判定された無線チャネルを用いて空間分割多重によりデータパケットを送信する無線パケット通信方法において、

利用可能な複数種類の伝送速度の中で、前記データパケットの送信に用いる伝送速度を宛先無線局ごとに個別に管理し、

送信バッファ上に送信対象のデータパケットが複数存在し、かつ前記複数のデータパケットを同時に送信可能な場合には、各々のデータパケットのデータ量を表すパケットサイズと、各々のデータパケットの宛先無線局に対応付けられた伝送速度とを参照し、前記パケットサイズおよび伝送速度により定まるパケット長(伝送所要時間)をデータパケットごとに確認し、前記パケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットを宛先無線局に関係なく選択し、

前記データパケットのパケット長と、データパケットの宛先に対応付けられた

伝送速度から算出される送達確認パケットのパケット長から、データパケットの宛先無線局が送達確認パケットを送信する時刻を決定し、各データパケットの宛先無線局に対して送達確認パケットの送信を許可する時刻を表す送達確認パケット送信時刻の情報と、同時に送信した全データパケットに対する送達確認パケットの送信が全て完了するまでの時間を送信禁止期間（NAV）の情報を各データパケットに格納し、

前記選択した複数のデータパケットを空間分割多重により同時に送信開始することを特徴とする無線パケット通信方法。

（３）請求の範囲１または請求の範囲２に記載の無線パケット通信方法において、  
10 現時点の伝送速度よりも低速の伝送速度に対応して前記パケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットが選択されたときに、その低速の伝送速度に切り替えて送信を行う

ことを特徴とする無線パケット通信方法。

（４）請求の範囲１または請求の範囲２に記載の無線パケット通信方法において、  
15 送信バッファ上の１単位のデータを複数に分割して前記パケット長が等しい複数のデータパケットを生成する第１のモードと、前記パケット長が異なる複数のデータパケットの少なくとも１つにダミー信号を付加して実質的なパケット長が等しい複数のデータパケットを生成する第２のモードとが選択可能な場合に、前記第１のモードを用いた条件における伝送効率と前記第２のモードを用いた条件  
20 における伝送効率とを比較し、その結果に応じて前記パケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットとして選択する

ことを特徴とする無線パケット通信方法。

（５）請求の範囲１に記載の無線パケット通信方法において、

前記データパケットを受信する無線局は、受信した複数のデータパケットに自局宛のデータパケットが含まれている場合に、自局宛てのデータパケットに対する送達確認パケットを生成するとともに、同時に受信した全てのデータパケットの受信レートを互いに比較し、

前記全てのデータパケットの受信レートの中の最小値を超えない最大の規定速度（Mandatory Rate）を最小受信レートとして検出し、前記送達確認パケットを

前記最小受信レートを用いて送信する

ことを特徴とする無線パケット通信方法。

(6) 請求の範囲1に記載の無線パケット通信方法において、

前記データパケットを受信する無線局は、受信した複数のデータパケットに自  
5 局宛のデータパケットが含まれている場合に、自局宛てのデータパケットに対す  
る送達確認パケットを生成するとともに、同時に受信した全てのデータパケット  
の受信レートを互いに比較し、

前記全てのデータパケットの受信レートが同一ではない場合には、全ての受信  
レートの中の最小値を超えない最大の規定速度 (Mandatory Rate) を最小受信レ  
10 ートとして検出し、かつ自局宛のデータパケットの受信レートを超えない最大の  
規定速度 (Mandatory Rate) を特定受信レートとして検出し、

前記特定受信レートが前記最小受信レートより高い場合には、前記最小受信レ  
ートから算出される送達確認パケットの第1のパケット長と、前記特定受信レー  
トから算出される送達確認パケットの第2のパケット長との差分に相当するサイ  
15 ズのダミービットを前記送達確認パケットに付加して前記特定受信レートを用い  
て送信し、

前記特定受信レートと前記最小受信レートが等しい場合には、前記送達確認パ  
ケットを前記最小受信レートを用いて送信する

ことを特徴とする無線パケット通信方法。

20 (7) 請求の範囲1に記載の無線パケット通信方法において、

前記データパケットを受信する無線局は、受信した複数のデータパケットに自  
局宛のデータパケットが含まれている場合に、自局宛てのデータパケットに対す  
る送達確認パケットを生成するとともに、同時に受信した全てのデータパケット  
の受信レートを互いに比較し、

25 前記全てのデータパケットの受信レートが同一ではない場合には、全ての受信  
レートの中の最小値を超えない最大の規定速度 (Mandatory Rate) を最小受信レ  
ートとして検出し、かつ自局宛のデータパケットの受信レートを超えない最大の  
規定速度 (Mandatory Rate) を特定受信レートとして検出し、

前記特定受信レートが前記最小受信レートより高い場合には、前記最小受信レ

ートから算出される送達確認パケットのパケット長に応じた送信禁止期間 (NAV) を前記送達確認パケットに設定し、前記特定受信レートをを用いて送信し、

前記特定受信レートと前記最小受信レートが等しい場合には、前記送達確認パケットを前記最小受信レートをを用いて送信する

6      ことを特徴とする無線パケット通信方法。

(8) 請求の範囲 2 に記載の無線パケット通信方法において、

前記データパケットを受信する無線局は、受信した複数のデータパケットに自局宛のデータパケットが含まれている場合に、自局宛てのデータパケットに対する送達確認パケットを生成するとともに、自局宛てのデータパケットに保持されている送達確認パケット送信時刻を検出し、

10      前記送達確認パケット送信時刻のタイミングで、自局宛てのデータパケットの受信レートを超えない最大の規定速度 (Mandatory Rate) で前記送達確認パケットを送信する

ことを特徴とする無線パケット通信方法。

15      (9) 請求の範囲 2 に記載の無線パケット通信方法において、

空き状態の無線チャネルの数  $N_{ch}$  と、前記パケット長が互いにほぼ等しいデータパケットの数  $N_p$  とを検出し、( $N_{ch} \geq N_p$ ) の場合には空間分割多重を用いることなく  $N_p$  個の無線チャネルを用いて  $N_p$  個のデータパケットを同時に送信し、( $N_{ch} < N_p$ ) の場合には空間分割多重を用いて複数のデータパケットを同

20      時に送信する

ことを特徴とする無線パケット通信方法。

(10) 複数の無線チャネルの利用が可能な 3 以上の無線局の間で、キャリアセンスによって空き状態を判定された無線チャネルを用いてデータパケットを送信する無線パケット通信装置において、

25      利用可能な複数種類の伝送速度の中で、前記データパケットの送信に用いる伝送速度を宛先無線局ごとに個別に管理する手段と、

送信バッファ上に送信対象のデータパケットが複数存在し、かつ前記複数のデータパケットを同時に送信可能な場合には、各々のデータパケットのデータ量を表すパケットサイズと、各々のデータパケットの宛先無線局に対応付けられた伝

送速度とを参照し、前記データパケットサイズおよび伝送速度により定まるデータパケット長（伝送所要時間）をデータパケットごとに確認し、前記データパケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットを宛先無線局に関係なく選択する手段と、

前記選択した複数のデータパケットを複数の無線チャネルを利用して同時に送

5 信開始する処理を行う手段と

を備えたことを特徴とする無線データパケット通信装置。

(11) 1つの無線チャネルに複数の信号を空間分割多重することが可能な3以上の無線局の間で、キャリアセンスによって空き状態を判定された無線チャネルを用いて空間分割多重によりデータパケットを送信する無線データパケット通信装置に

10 において、

利用可能な複数種類の伝送速度の中で、前記データパケットの送信に用いる伝送速度を宛先無線局ごとに個別に管理する手段と、

送信バッファ上に送信対象のデータパケットが複数存在し、かつ前記複数のデータパケットを同時に送信可能な場合には、各々のデータパケットのデータ量を表すデータパケットサイズと、各々のデータパケットの宛先無線局に対応付けられた伝送速度とを参照し、前記データパケットサイズおよび伝送速度により定まるデータパケット長（伝送所要時間）をデータパケットごとに確認し、前記データパケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットを宛先無線局に関係なく選択する手段と、

前記データパケットのデータパケット長と、データパケットの宛先に対応付けられた伝送速度から算出される送達確認データパケットのデータパケット長から、データパケットの宛先無線局が送達確認データパケットを送信する時刻を決定し、各データパケットの宛先無線局に対して送達確認データパケットの送信を許可する時刻を表す送達確認データパケット送信時刻の情報と、同時に送信した全データパケットに対する送達確認データパケットの送信が全て完了するまでの時間を送信禁止期間（NAV）の情報を各データ

20 パケットに格納する手段と、

前記選択した複数のデータパケットを空間分割多重により同時に送信開始する処理を行う手段と

を備えたことを特徴とする無線データパケット通信装置。

(12) 請求の範囲10または請求の範囲11に記載の無線データパケット通信装置に



において、

現時点の伝送速度よりも低速の伝送速度に対応して前記パケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットが選択されたときに、その低速の伝送速度に切り替えて送信を行う手段を備えた

5      ことを特徴とする無線パケット通信装置。

(13) 請求の範囲10または請求の範囲11に記載の無線パケット通信装置において、

送信バッファ上の1単位のデータを複数に分割して前記パケット長が等しい複数のデータパケットを生成する第1のモードと、前記パケット長が異なる複数のデータパケットの少なくとも1つにダミー信号を付加して実質的なパケット長が  
10      等しい複数のデータパケットを生成する第2のモードを設定する手段と、

前記第1のモードを用いた条件における伝送効率と前記第2のモードを用いた条件における伝送効率とを比較し、その結果に応じていずれか一方のモードを選択して前記パケット長が互いにほぼ等しい複数のデータパケットを生成する手段

15      と

を備えたことを特徴とする無線パケット通信装置。

(14) 請求の範囲10に記載の無線パケット通信装置において、

前記データパケットを受信する無線局は、受信した複数のデータパケットに自局宛のデータパケットが含まれている場合に、自局宛てのデータパケットに対する  
20      送達確認パケットを生成するとともに、同時に受信した全てのデータパケットの受信レートを互いに比較する手段と、

前記全てのデータパケットの受信レートの中の最小値を超えない最大の規定速度 (Mandatory Rate) を最小受信レートとして検出し、前記送達確認パケットを前記最小受信レートを用いて送信する手段と

25      を備えたことを特徴とする無線パケット通信装置。

(15) 請求の範囲10に記載の無線パケット通信装置において、

前記データパケットを受信する無線局は、受信した複数のデータパケットに自局宛のデータパケットが含まれている場合に、自局宛てのデータパケットに対する送達確認パケットを生成するとともに、同時に受信した全てのデータパケット

の受信レートを互いに比較する手段と、

前記全てのデータパケットの受信レートが同一ではない場合には、全ての受信レートの中の最小値を超えない最大の規定速度 (Mandatory Rate) を最小受信レートとして検出し、かつ自局宛のデータパケットの受信レートを超えない最大の

- 5 規定速度 (Mandatory Rate) を特定受信レートとして検出する手段と、

前記特定受信レートが前記最小受信レートより高い場合には、前記最小受信レートから算出される送達確認パケットの第1のパケット長と、前記特定受信レートから算出される送達確認パケットの第2のパケット長との差分に相当するサイズのダミービットを前記送達確認パケットに付加して前記特定受信レートをを用い

- 10 て送信する手段と、

前記特定受信レートと前記最小受信レートが等しい場合には、前記送達確認パケットを前記最小受信レートをを用いて送信する手段と

を備えたことを特徴とする無線パケット通信装置。

(16) 請求の範囲10に記載の無線パケット通信装置において、

- 15 前記データパケットを受信する無線局は、受信した複数のデータパケットに自局宛のデータパケットが含まれている場合に、自局宛てのデータパケットに対する送達確認パケットを生成するとともに、同時に受信した全てのデータパケットの受信レートを互いに比較する手段と、

- 20 前記全てのデータパケットの受信レートが同一ではない場合には、全ての受信レートの中の最小値を超えない最大の規定速度 (Mandatory Rate) を最小受信レートとして検出し、かつ自局宛のデータパケットの受信レートを超えない最大の規定速度 (Mandatory Rate) を特定受信レートとして検出する手段と、

- 前記特定受信レートが前記最小受信レートより高い場合には、前記最小受信レートから算出される送達確認パケットのパケット長に応じた送信禁止期間 (NAV) を前記送達確認パケットに設定し、前記特定受信レートをを用いて送信する手段と、
- 25

前記特定受信レートと前記最小受信レートが等しい場合には、前記送達確認パケットを前記最小受信レートをを用いて送信する手段と

を備えたことを特徴とする無線パケット通信装置。

(17) 請求の範囲 11 に記載の無線パケット通信装置において、

前記データパケットを受信する無線局は、受信した複数のデータパケットに自局宛のデータパケットが含まれている場合に、自局宛てのデータパケットに対する送達確認パケットを生成するとともに、自局宛てのデータパケットに保持されている送達確認パケット送信時刻を検出する手段と、

前記送達確認パケット送信時刻のタイミングで、自局宛てのデータパケットの受信レートを超えない最大の規定速度 (Mandatory Rate) で前記送達確認パケットを送信する手段と

を備えたことを特徴とする無線パケット通信装置。

10 (18) 請求の範囲 11 に記載の無線パケット通信装置において、

空き状態の無線チャネルの数  $N_{ch}$  と、前記パケット長が互いにほぼ等しいデータパケットの数  $N_p$  とを検出し、( $N_{ch} \geq N_p$ ) の場合には空間分割多重を用いることなく  $N_p$  個の無線チャネルを用いて  $N_p$  個のデータパケットを同時に送信し、( $N_{ch} < N_p$ ) の場合には空間分割多重を用いて複数のデータパケットを同

15 時に送信する手段を備えた

ことを特徴とする無線パケット通信装置。

FIG. 1

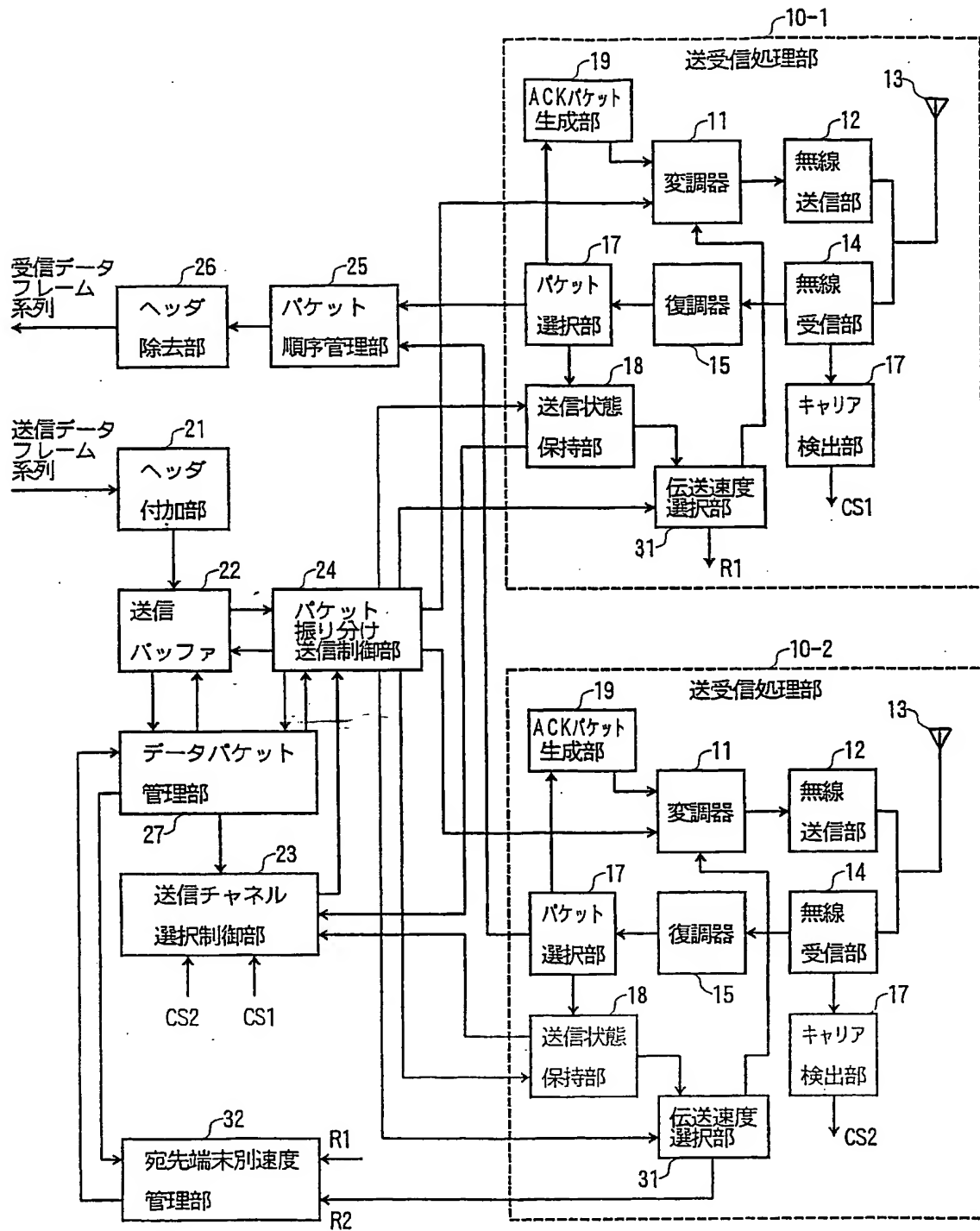
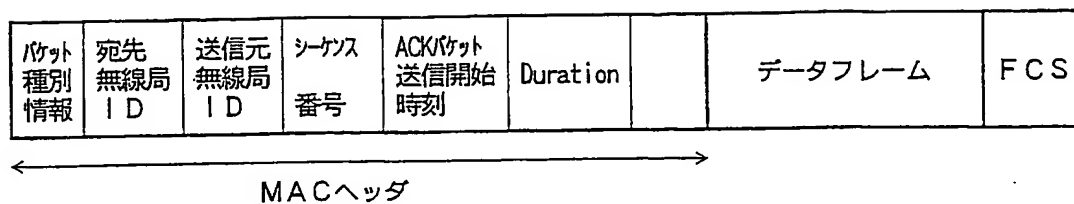


FIG. 2

(1) データパケット



## (2) ACKパケット

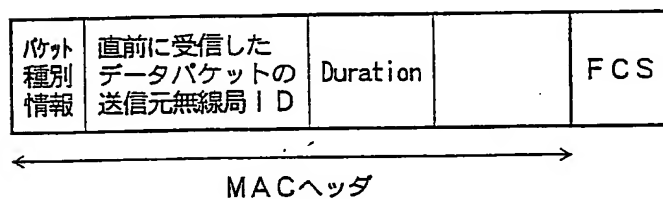
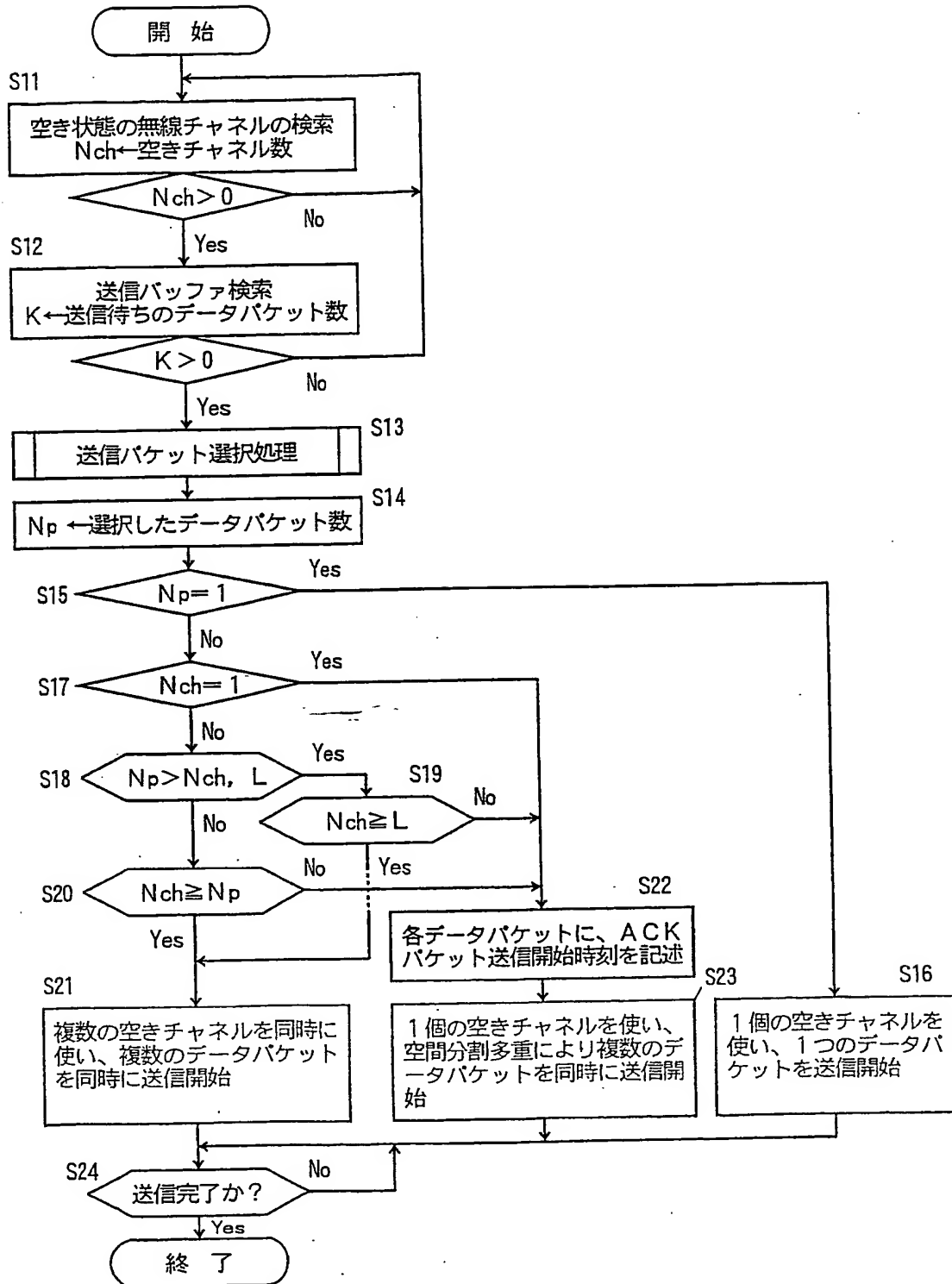
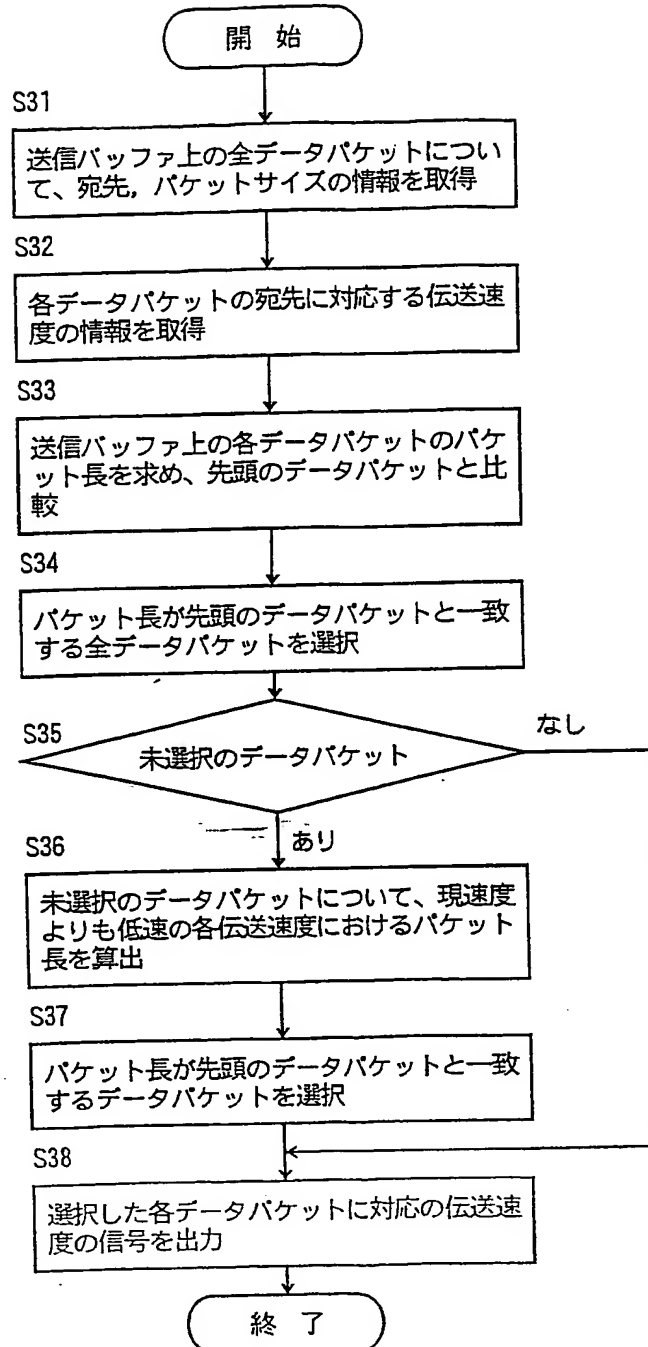


FIG. 3



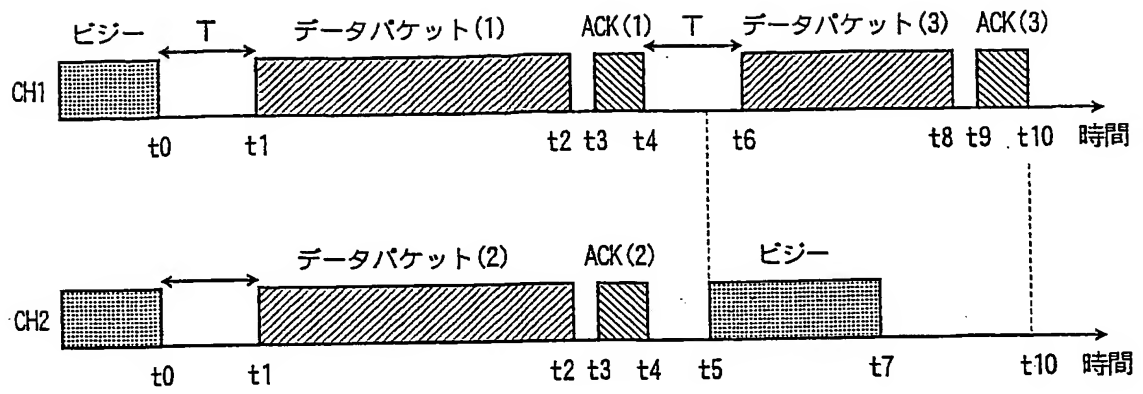
4 / 18

FIG. 4



5/18

FIG. 5





6/18

FIG. 6

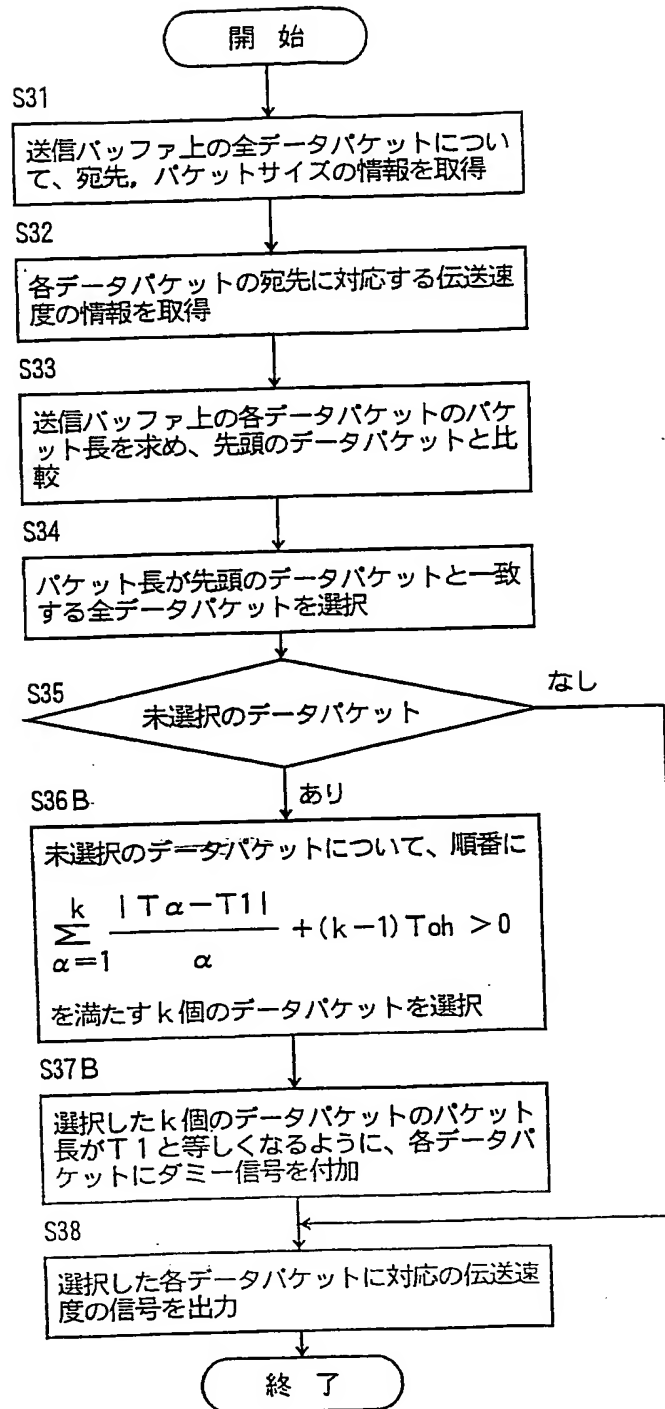
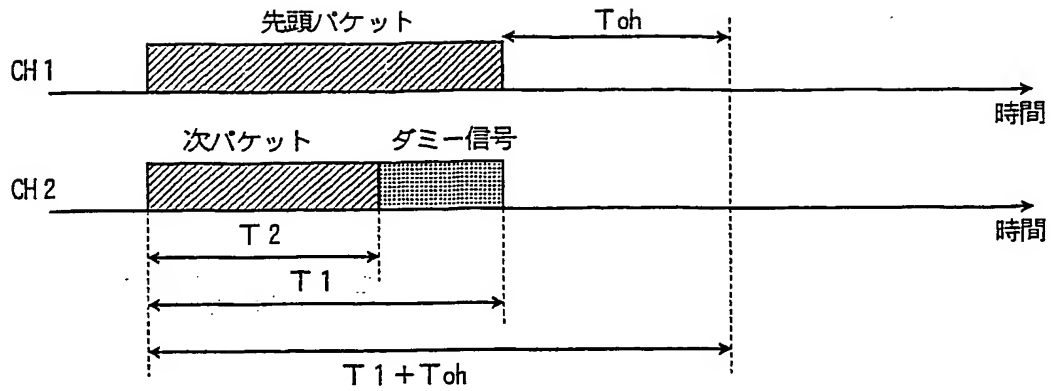
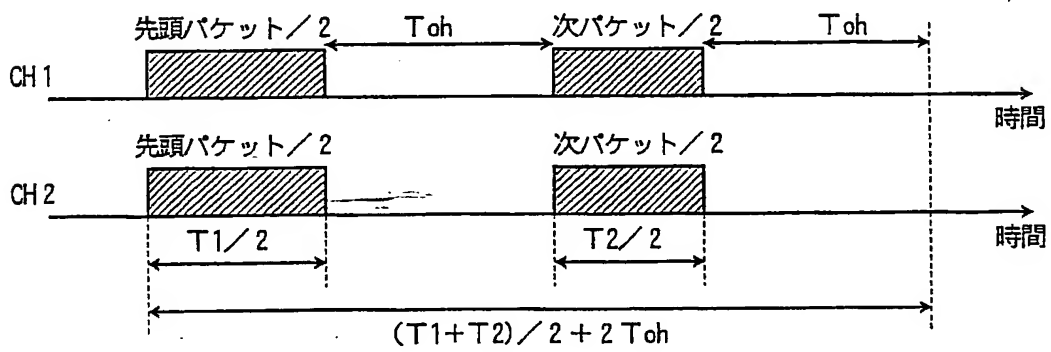


FIG. 7

(1) モード1



(2) モード2



8/18

FIG. 8

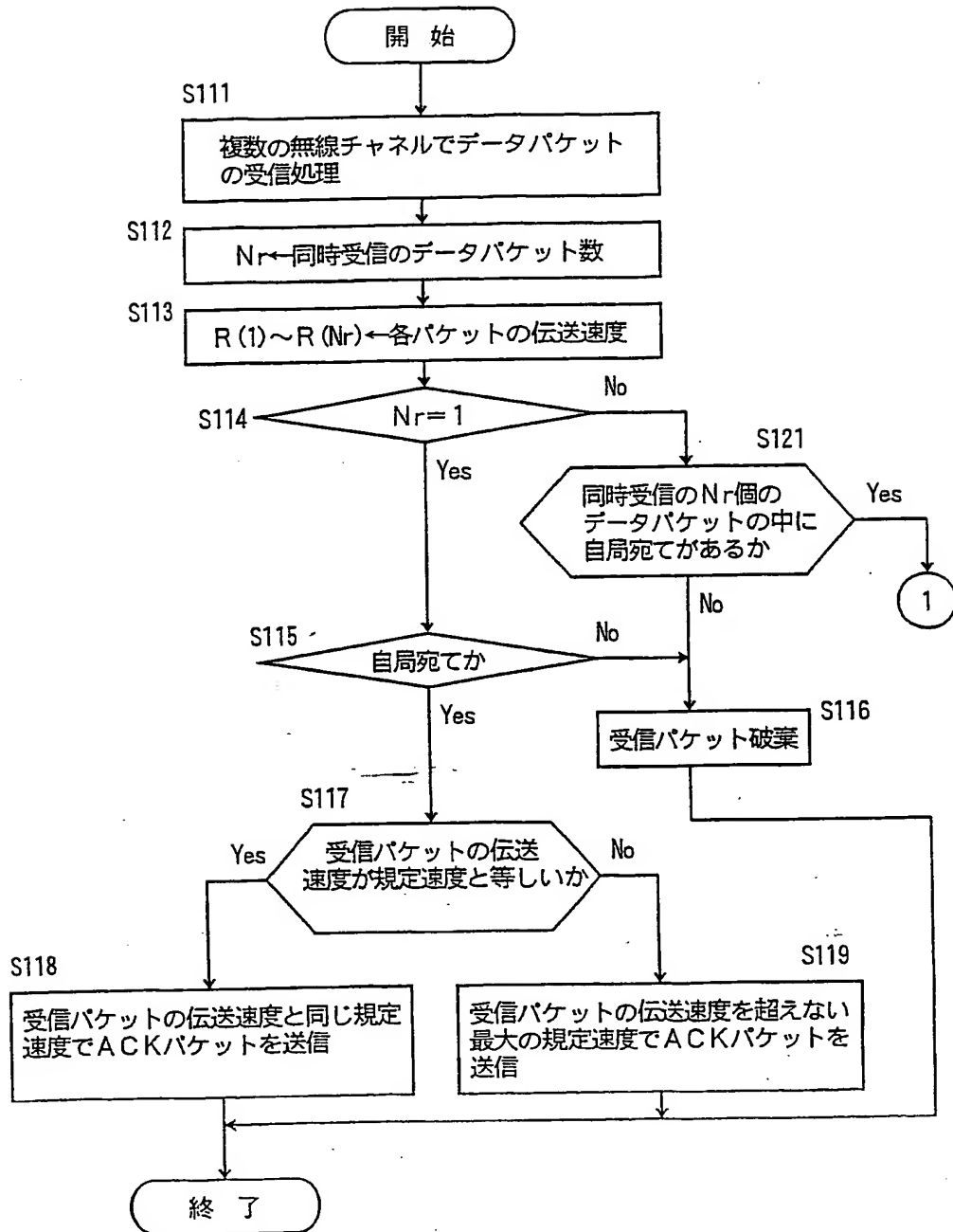
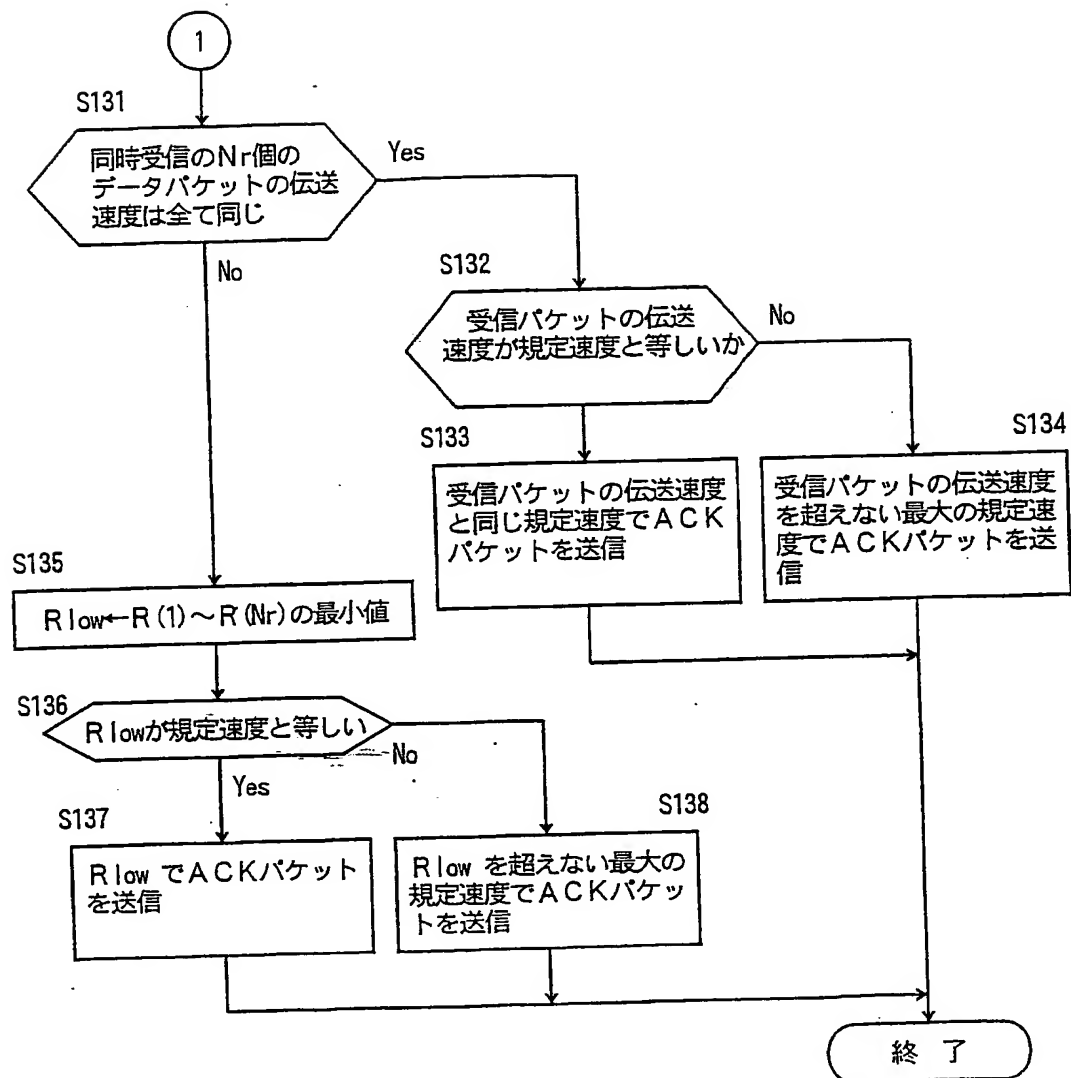


FIG. 9



10/18

FIG. 10

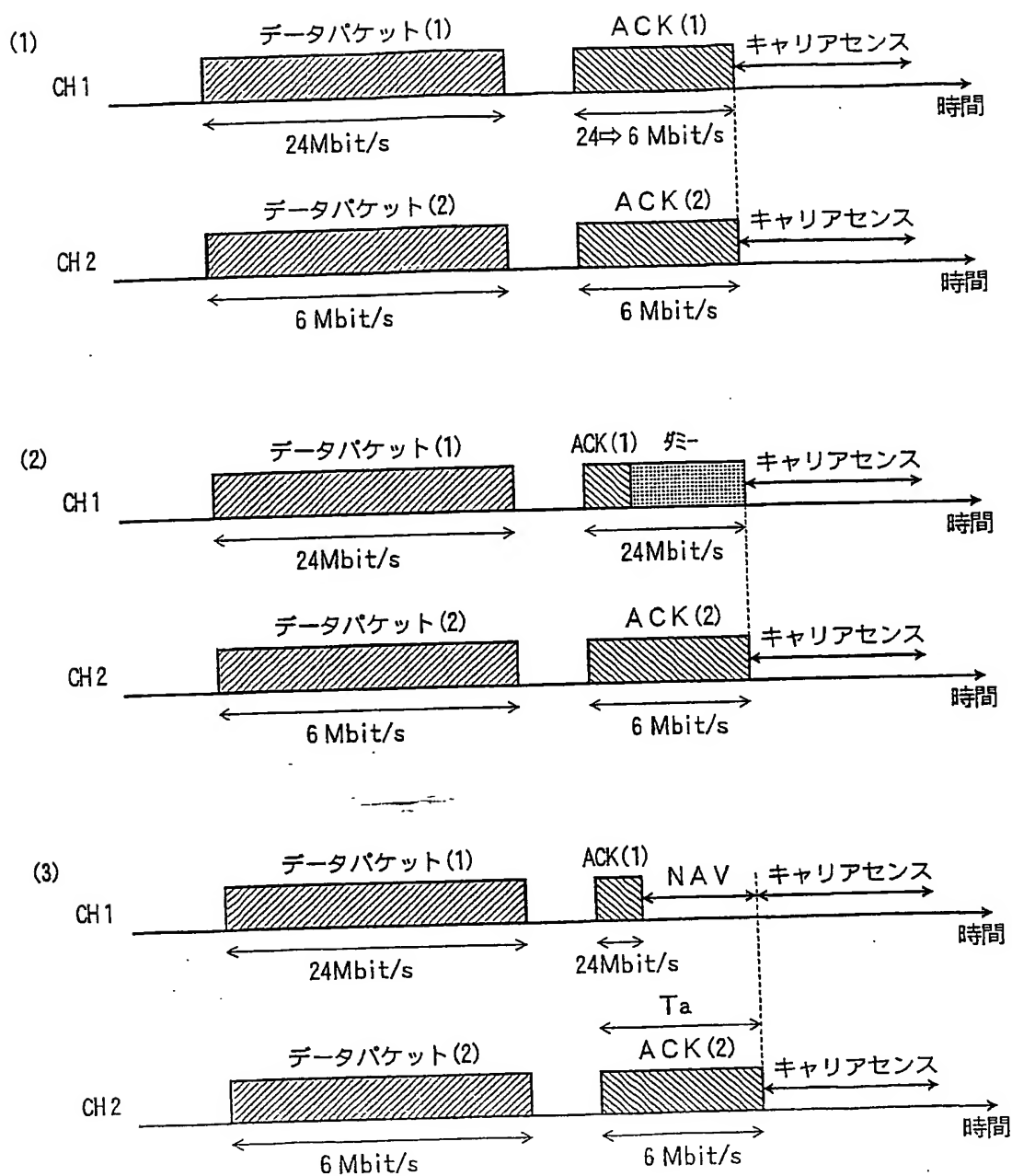
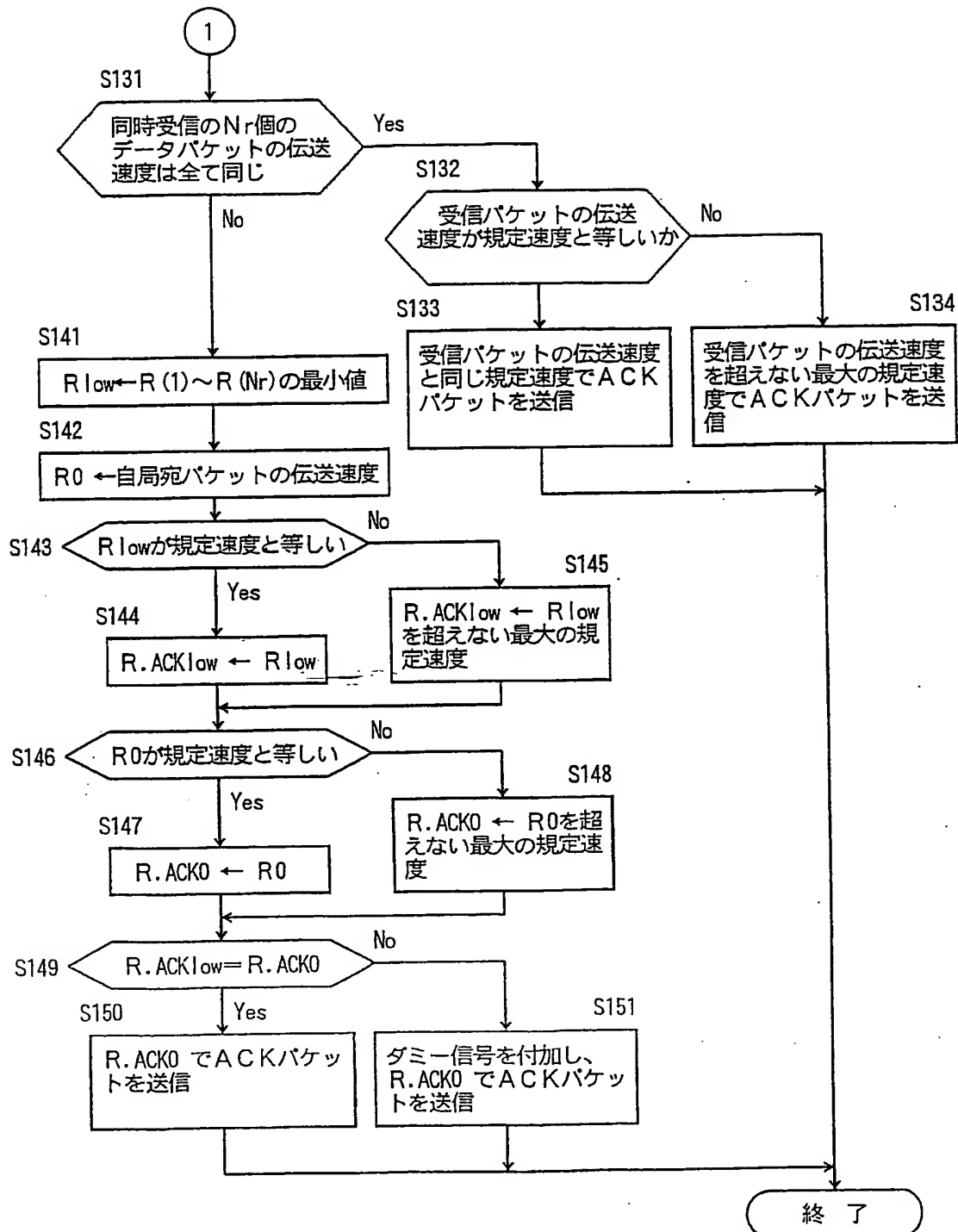


FIG. 11



12/18

FIG. 12

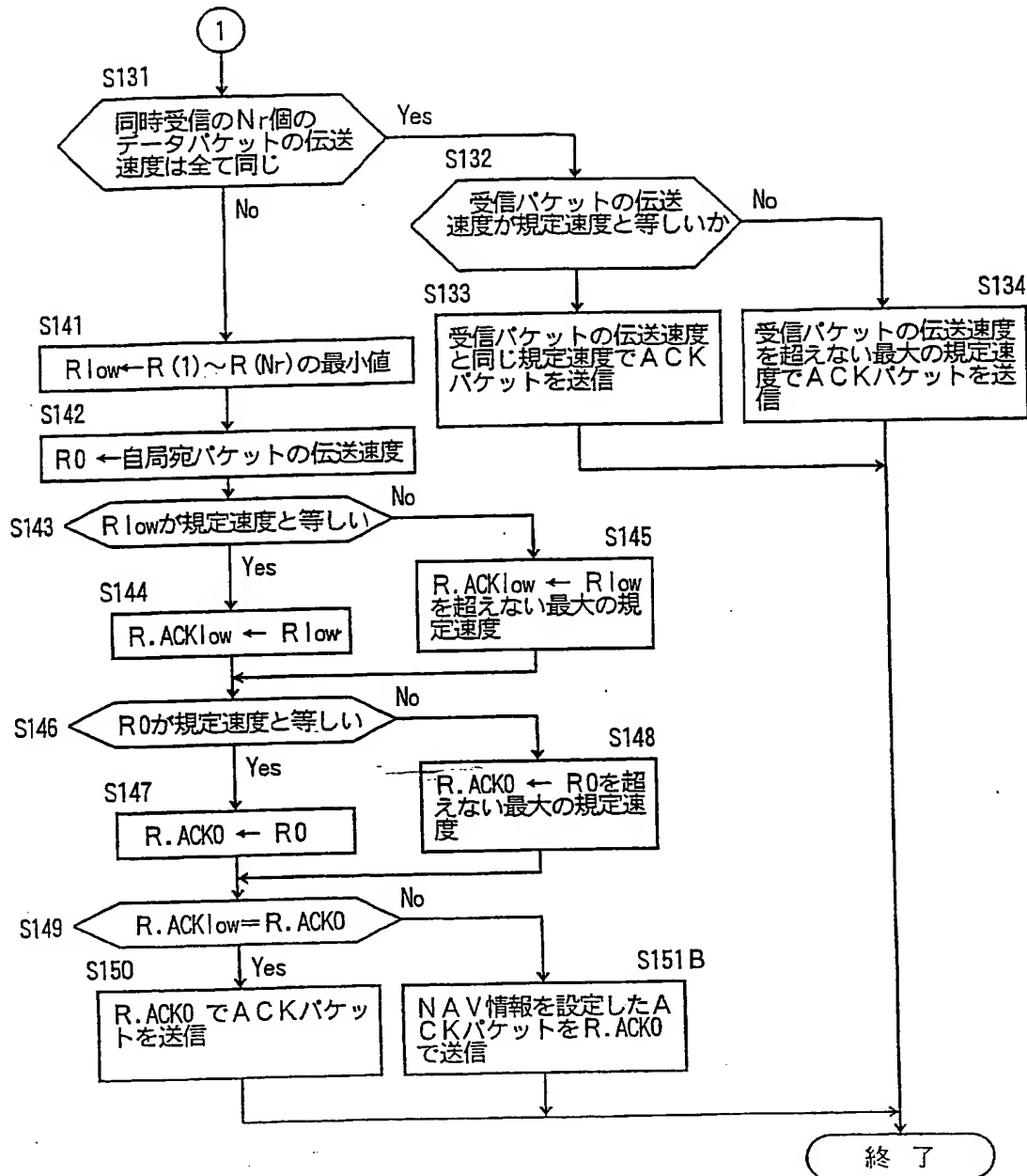
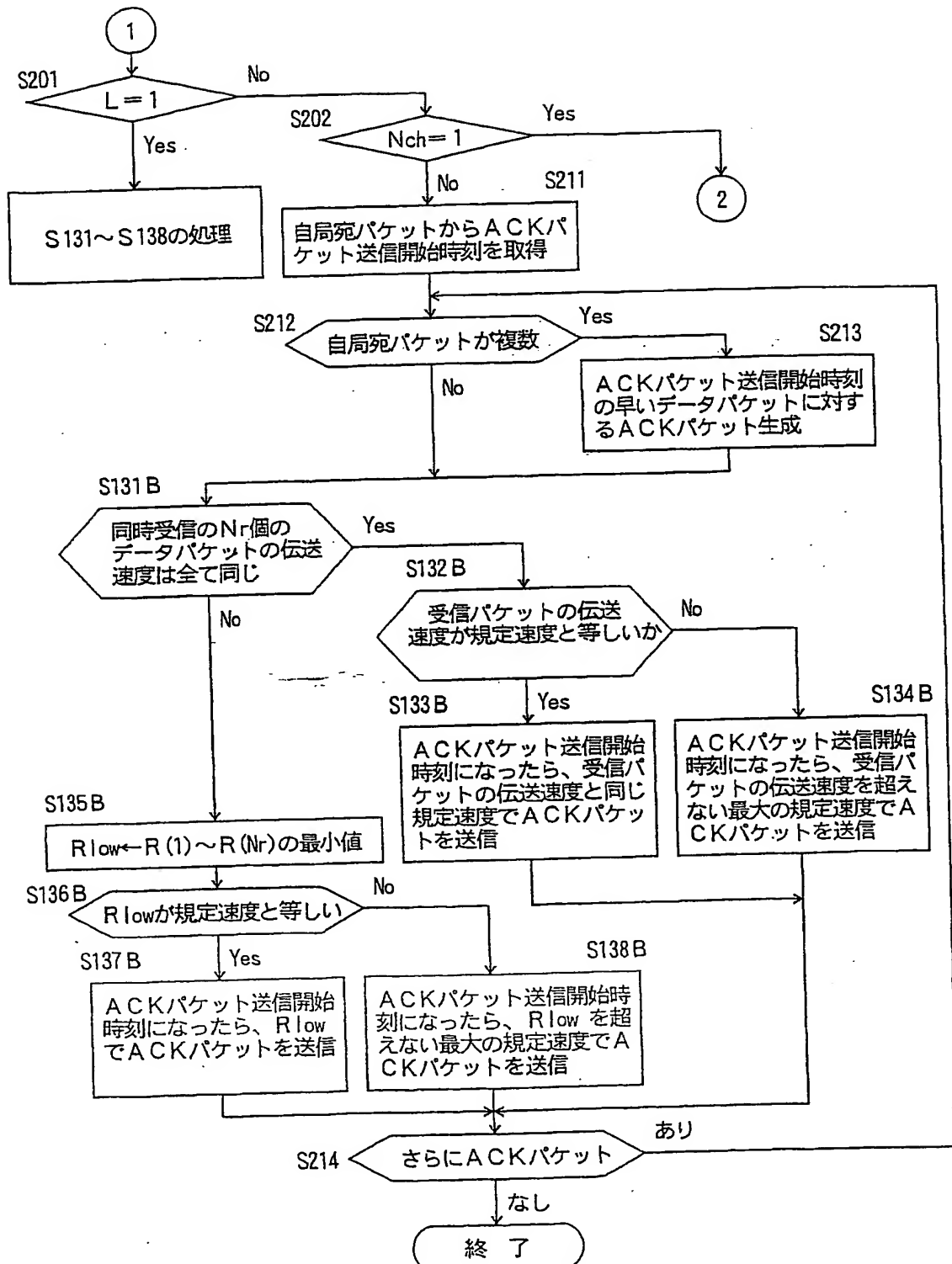


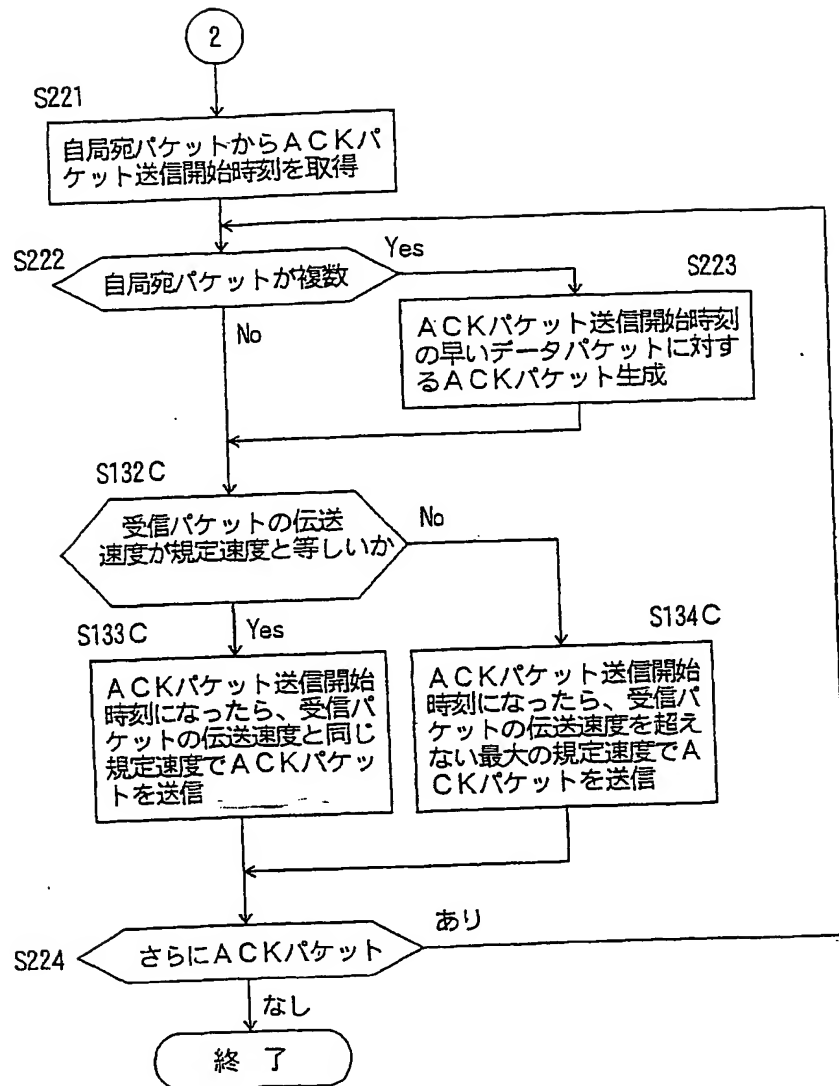
FIG. 13





14/18

FIG. 14



15/18

FIG. 15

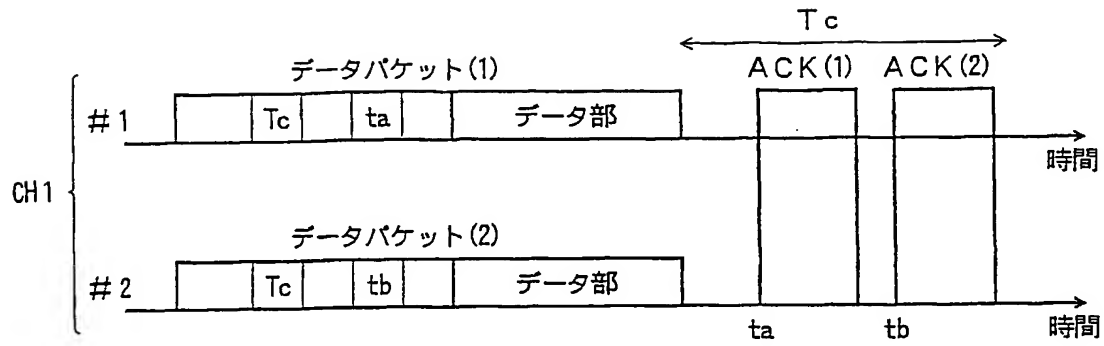
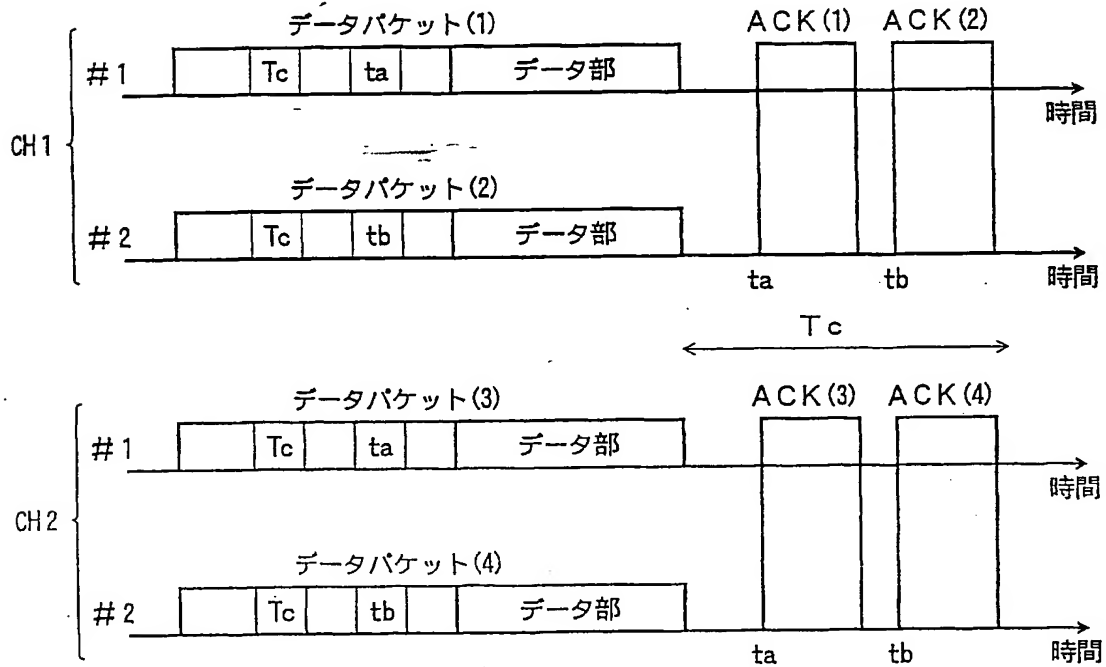


FIG. 16



16/18

FIG. 17

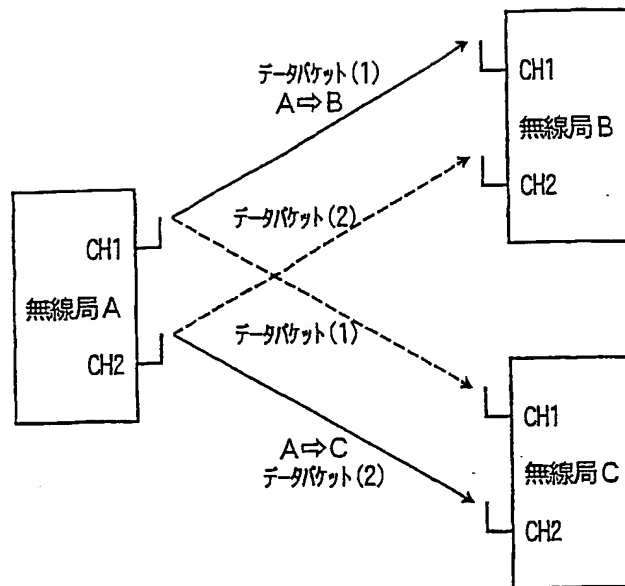
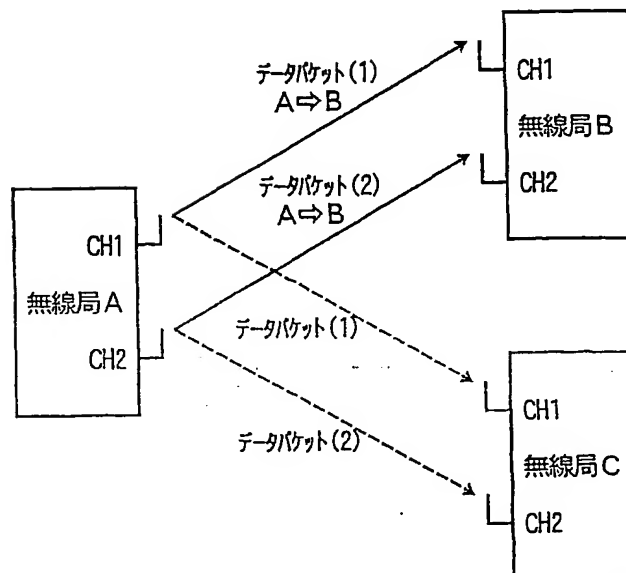


FIG. 18



17/18

FIG. 19

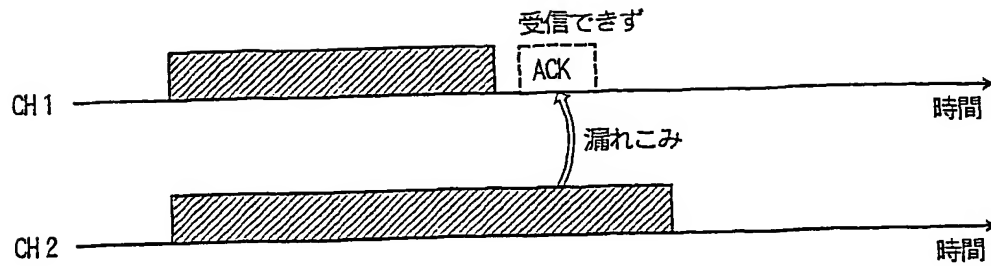
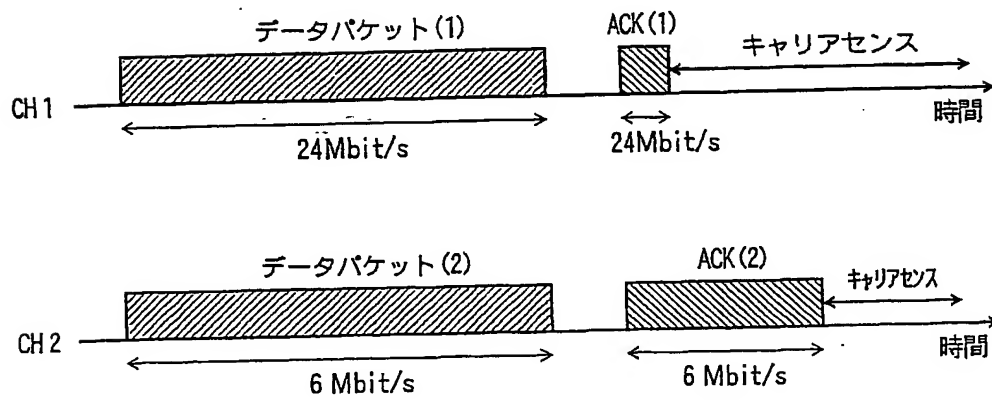
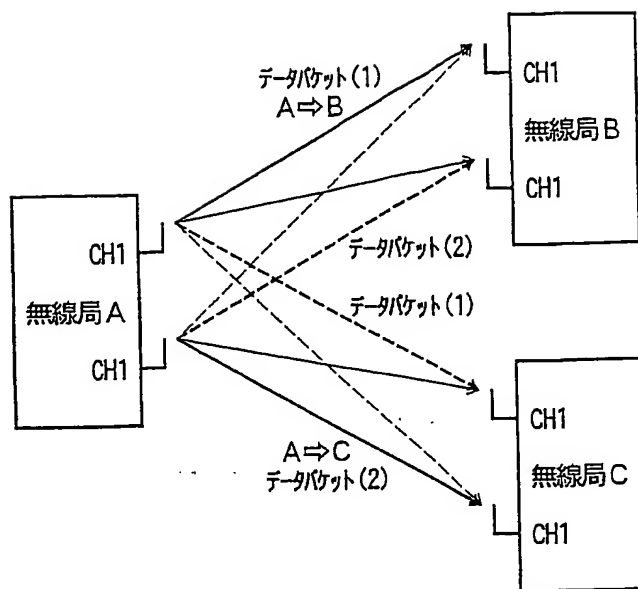


FIG. 20



18/18

FIG. 21



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/013481

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H04L12/28, H04B7/24, H04L29/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H04L12/28, H04B7/24, H04L29/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-203710 A (NEC Corp.), 27 July, 2001 (27.07.01), Claim 1 (Family: none)	1-18
A	JP 2003-110575 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 11 April, 2003 (11.04.03), Claim 1 (Family: none)	1-18
A	JP 05-035624 A (Melco, Inc.), 12 February, 1993 (12.02.93), Claims 1 to 3 (Family: none)	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
06 December, 2004 (06.12.04)Date of mailing of the international search report  
21 December, 2004 (21.12.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H04L12/28, H04B7/24, H04L29/00

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.<sup>7</sup> H04L12/28, H04B7/24, H04L29/00

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-203710 A (日本電気株式会社) 2001. 07. 27, 請求項1 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2003-110575 A (日本電信電話株式会社) 2003. 04. 11, 請求項1 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 05-035624 A (株式会社メルコ) 1993. 02. 12, 請求項1-3 (ファミリーなし)	1-18

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06.12.2004

国際調査報告の発送日

21.12.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
 中木 努

5X

9299

電話番号 03-3581-1101 内線 3596